



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**Rakennus- ja sekajätteen käsittelytoiminnan
aiheuttamat muutokset Kiertokaaren toiminnassa sekä
käsittelyn teknis-taloudellinen selvitys**

Karoliina Hietala

Prosessitekniikan tutkinto-ohjelma

Diplomityö

Marraskuu 2018



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**Rakennus- ja sekajätteen käsittelytoiminnan
aiheuttamat muutokset Kiertokaaren toiminnassa sekä
käsittelyn teknis-taloudellinen selvitys**

Karoliina Hietala

Ohjaajat:

TkT Jenni Ylä-Mella

Prof Eva Pongrácz

Prosessitekniikan tutkinto-ohjelma

Diplomityö

Marraskuu 2018

TIIVISTELMÄ

OPINNÄYTETYÖSTÄ

Oulun yliopisto Teknillinen tiedekunta

Koulutusohjelma (kandidaatintyö, diplomityö) Prosessitekniikan tutkinto-ohjelma (Diplomityö)		Pääaineopintojen ala (lisensiaatintyö)	
Tekijä Hietala, Noora Karoliina		Työn ohjaaja yliopistolla Ylä-Mella J., TkT , Pongrácz E. Professori Prof	
Työn nimi Rakennus- ja sekajätteen käsittelytoiminnan aiheuttamat muutokset Kiertokaaren toiminnassa sekä käsittelyn teknis- taloudellinen selvitys			
Opintosuunta Tuotantotalous	Työn laji Diplomityö	Aika Marraskuu 2018	Sivumäärä 88 s.
Tiivistelmä Kiertotalouspaketti, valtakunnallinen jätesuunnitelma ja uudistuva lainsäädäntö ohjaavat jätehuollon kehitystä tulevien vuosien aikana. Päämääränä on hidastaa ilmastonmuutosta ja luoda toimiva jätehuolto, joka ottaa myös huomioon kiertotalouden vaatimukset. Tämä työn tavoitteena on tarkastella Kiertokaari Oy:n lajitteluareena Laren toimintaa. Lajitteluareenan toiminta tulee lähivuosina muuttumaan Oulun Energian investoiman mekaanisen jätteenlajittelulaitoksen takia. Tässä työssä tarkasteltiin erilaisten skenaarioiden avulla tulevaa yhteistyötä. Skenaarioiden tekemiseen käytettiin materiaalivirta-analyysejä ja taloudellista tarkastelua. Lajitteluareenalle vastaanotettavan jätteen koostumusta tutkittiin lajittelututkimuksen ja tilastojen avulla. Lisäksi tarkasteltiin jätelain ja hankintalain muutosten vaikutusta Kiertokaaren toimintaan. Työn tutkimuskysymyksinä on: 1. Kuinka jätelain uudistus ja hankintalaki vaikuttavat Kiertokaaren toimintaan? 2. Mikä on lajittelemattoman seka- ja rakennusjätteen koostumus sekä millaisia muutoksia uusi lajittelulaitos aiheuttaa Kiertokaaren toimintaan? 3.Miten Kiertokaaren ja Oulun Energian välinen yhteistyö saadaan toimivaksi? Työssä on ensin esitelty jätehuoltoa ohjaavaa lainsäädäntöä sekä jätehuollon kehittämiseen liittyvää valtakunnallista jätesuunnitelmaa ja Euroopan unionin kiertotalouspakettia. Seuraavaksi on kuvattu vastaanotettavaa jätettä sekä jätteenkäsittelyä yleisellä tasolla. Neljäs luku käsittelee uuden lajittelulaitoksen sidosryhmiä. Tutkimusmenetelminä työssä on käytetty jätteen koostumustutkimusta, joka on tehty käyttäen lajittelututkimusta sekä tilastoja. Koostumustutkimuksen tuloksia voitiin hyödyntää materiaalivirta-analyysejä tehdessä. Materiaalivirta-analyysin avulla pystyttiin hahmottelemaan tulevaa yhteistyötä Kiertokaaren ja Oulun Energian välillä. Työssä tehtiin myös jätteen syntypaikka- ja logistiikkatarkastelu, jotta saataisiin selville rakennusjätteen tuojien profiilia. Materiaalivirta-analyyseissä saatujen graafisten esitysten avulla nähdään eri skenaarioiden jätevirrat ja taloudelliset virrat. Tuloksissa on esitetty jätteen koostumustutkimuksen lopputulos, jätteen syntypaikka- ja logistiikkatarkastelun tulokset sekä materiaalivirtakaaviot. Koostumustutkimuksessa vastaanotettavien jätejakeiden suurimmat osuudet olivat hienoaineksella ja puulla. Skenaarioista parhaiten sovellettavaksi tulevaa yhteistyötä ajatellen valikoitui skenaario, jossa sekä Kiertokaari että Oulun Energia vastaanottavat jätettä. Tulevaa yhteistyötä rakennettaessa skenaarioita voidaan hyödyntää neuvotteluissa. Kiertokaaren tehtäviin kunnallisena jätehuoltoyrityksenä kuuluu kuntalaisten jäteneuvonta ja turvaamalla lajitteluareenalta saatavat tulot, jäteneuvonta pystytään pitämään nykyisellä tasolla. Kuntalaisten ohjaaminen syntypaikkalajitteluun lisää kierrätystä, jonka avulla materiaalihyödyntämisen aste kasvaa.			
Muita tietoja			

ABSTRACT

FOR THESIS University of Oulu Faculty of Technology

Degree Programme (Bachelor's Thesis, Master's Thesis) Process Engineering (Master's Thesis)		Major Subject (Licentiate Thesis)	
Author Hietala, Noora Karoliina		Thesis Supervisor Ylä-Mella J. D.Sc (Tech), Pongrácz E. Professor, D.Sc (Tech) Prof	
Title of Thesis The impact of the changes in the treatment process of construction and demolition waste and mixed waste on the operation of Kiertokaari Ltd			
Major Subject Industrial Engineering and Management	Type of Thesis Master's Thesis	Submission Date November 2018	Number of Pages 88p
<p>Abstract</p> <p>Circular economy package, national waste plan and renewable law scripts guides the development of the waste management during upcoming years. The aim is to slow down the impact of climate change and to create functional waste management system, that can consider all the demands of circular economy.</p> <p>The goal of this thesis is to study Kiertokaari Ltds operation of waste separation arena "Lare". The operations of waste separation arena will change due Oulun Energias investment on mechanical waste separation plant. The upcoming cooperation has been modelled in this thesis by using various scenarios. The composition of the waste taken into waste separation arena is studied with waste separation study and statistics. The impact of the changes of the Waste Act and Act on Public Procurement and Concession Contracts on Kiertokaari's operatios are studied. Different scenarios are studied using material flow analysis and economical methods.</p> <p>There are three research questions:</p> <ol style="list-style-type: none">1. What kind of impacts does the change of waste act and Act on Public Procurement and Concession Contracts on Kiertokaari?2. What is the composition of non-separated municipal waste and construction and demolition waste and what kind of changes does the new mechanical waste separation plant cause?3.How to create functioning cooperation between Kiertokaari and Oulun Energia? <p>The acts controlling waste management, European Union circular economy package and national waste plan are introduced in the beginning of the thesis. Then the waste taken into waste separation arena is studied and waste management on general. Fourth chapter covers stakeholders of the mechanical separation plant.</p> <p>Research methods used in the thesis are waste composition research which is made using separation study and statistics. The profile of customers bringing construction and demolition waste are studied with examination. Waste composition results could be applied in material flow analysis. Material flow analysis is a tool that could be used when studying the future cooperation between Kiertokaari and Oulun Energia. Graphical representation made with material flow analysis presents different scenarios and economical flows.</p> <p>The results of the waste composition study, profile of customers bringing construction and demolition waste and material flow analysis graphics have been discussed on chapter eight. On the waste composition study, highest fraction were fine material and wood. Considering scenarios on future cooperation, the best scenario to apply is number one where both companies, Kiertokaari and Oulun Energia, both receive waste. When discussing future cooperation, scenarios can be used in the negotiations. As Kiertokaari is a municipal waste management company it has obligations to provide members of the community free services including guidance on waste handling. By securing income from waste separation arena, Kiertokaari can continue providing services to the members of community at the same quality as before. By providing guidance with waste handling Kiertokaari can help to increase the recycling percentage on national level.</p>			
Additional Information			

ALKUSANAT

Tämän työn tarkoituksena on tarjota Kiertokaarelle johdonmukainen esitys siitä, kuinka lajitteluareena Laren toimintaa tulisi kehittää ja kuinka yhteistyö Oulun Energian kanssa saadaan sujuvaksi. Työn tuloksia voidaan hyödyntää lajitteluareenan kehittämässä ja yhteistyösuunnitelmissa Oulun Energian kanssa. Työ on aloitettu toukokuussa ja viimeistelty marraskuussa 2018.

Haluan kiittää diplomityön ohjaajiani, tohtori Jenni Ylä-Mellaa ja professori Eva Pongráczia Oulun yliopistosta sekä suunnitteluinsinööri Antero Kiljusta Kiertokaarelta, kaikesta tuesta ja ohjeistuksesta työn kirjoituksen aikana. Lisäksi haluan kiittää Kiertokaaren toimitusjohtajaa Markku Illikaista tarjotusta mahdollisuudesta kirjoittaa diplomityö Kiertokaarelle. Kiitän myös kaikkia kollegoitani Kiertokaarella, luomanne työympäristö on ollut mukava ja inspiroiva. Erityisesti kiitän perhettäni: Äitiä, Isää ja veljeäni Kaapoa tuesta koko yliopistourani aikana.

Oulussa, 19.11.2018

Karoliina Hietala

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

MERKINNÄT JA LYHENTEET

1 JOHDANTO	10
2 JÄTEHUOLTOA OHJAAVA LAINSÄÄDÄNTÖ.....	13
2.1 Jätelaki.....	13
2.1.1 Jätelain uudistuksen ensimmäinen vaihe	13
2.1.2 Jätelain uudistuksen toinen vaihe	14
2.1.3 Hankintalaki jätehuollon piirissä	14
2.1.4 Jätelain uudistuksien vaikutukset kunnallisessa jätehuoltotoiminnassa	15
2.2 Asetus kaatopaikoista.....	15
2.3 Kiertotalouspaketti	16
2.4 Valtakunnallinen jätesuunnitelma 2023	18
3 VASTAANOTETTAVAT JÄTTEET JA JÄTTEENKÄSITTELY.....	20
3.1 Lajitteluareenalla ja lajittelulaitoksessa käsiteltävät jätteet	20
3.1.1 Yhdyskuntajäte	20
3.1.2 Rakennus- ja purkujäte	21
3.1.3 Kierrätyspolttoaineet.....	22
3.2 Jätteen yleiset käsittelymuodot	24
3.2.1 Yhdyskuntajätteen käsittely.....	24
3.2.2 Mekaaninen käsittely	25
3.2.3 Mekaanis-biologinen käsittely.....	26
3.3 Materiaalihyödyntäminen	27
3.4 Energiahyödyntäminen	28
3.5 Jätteen loppusijoitus	30
4 UUDEN LAJITTELULAITOKSEN SIDOSRYHMÄT.....	32
4.1 Kiertokaaren toiminta.....	32
4.2 Oulun Energian toiminta	32
4.3 Lajitteluareena ja lajittelulaitos	33
4.3.1 Jätteenkäsittelytoiminta	34
4.3.2 Mahdolliset skenaariot.....	37
5 TUTKIMUSMENETELMÄT JA -AINEISTOT	39

5.1 Jätteen koostumustutkimus	39
5.1.1 Lajittelututkimukset	39
5.1.2 Tilastot	40
5.2 Jätteen syntypaikka- ja logistiikkatarkastelu	41
5.3 Materiaalivirta-analyysi	42
5.3.1 STAN	44
5.3.2 Jätevirtaskenaariot	45
5.4 Taloudellinen tarkastelu	46
6 TUTKIMUSTULOKSET	48
6.1 Jätteen koostumustutkimus	48
6.1.1 Lajittelututkimus	48
6.1.2 Lajitteluareenalle vastaanotettavan jätteen koostumus	54
6.2 Jätteen syntypaikka- ja logistiikkatarkastelu	55
6.3 MFA ja taloudellinen tarkastelu	57
6.3.1 Skenaario 0	58
6.3.2 Skenaario 1A ja 1B	59
6.3.3 Skenaario 2	68
7 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	70
7.1 Lajitteluareenalla käsiteltävän jätteen koostumus	70
7.2 Larelle vastaanotettava rakennusjäte	73
7.3 Jätteenkäsittelyn taloudellinen tarkastelu	74
7.4 Suositukset	76
8 YHTEENVETO	78
LÄHTEET	81
LAIT JA DIREKTIIVIT	87
LIITE 1: Näytteenottosuunnitelma lajittelututkimukseen VKO 24, 25 ja 26	

MERKINNÄT JA LYHENTEET

EoW	End-of-Waste -menettely, jossa jäte lakkaa olemasta jäte ja muuttuu jälleen tuotteeksi.
ELFM	Enhanced Landfill Mining, perinteistä landfill mining -toimintaa turvallisempi kehitellympi toimintamalli.
HDPE	High Density Polyethylene, tiheä polyeteeni, muovipakkauksiin käytetty muovilaatu esimerkiksi pulloissa ja kansissa.
KIVO	Suomen Kiertovoima Ry, (ent. Jätelaitosyhdistys), joka edustaa julkista jätehuoltoa.
LFM	Landfill Mining, kaatopaikan kaivaminen auki, jonka avulla jätettä voidaan palauttaa materiaalihyötykäyttöön tai energiahyödyntämistä varten.
LDPE	Low Density Polyethylene, keskitiheä polyeteeni, muovipakkauksiin käytetty muovilaatu esimerkiksi pusseissa.
MBT	Mechanical Biological Treatment, mekaanis-biologinen käsittely, jossa jäte käsitellään ensin mekaanisesti ja sen jälkeen biologisesti esimerkiksi kompostoimalla tai mädättämällä.
MFA	Material Flow Analysis, materiaalivirta-analyysi
PP	Polypropeeni/polypropyleeni, muovilaatu esimerkiksi elintarvikepakkauksissa.
PVC	Polyvinyylikloridi, muovilaatu, jota käytetään esimerkiksi putkissa.
RDF	Refuse-Derived Fuel, jätteestä valmistettu kierrätyspolttoaine, jolle ei ole annettu laatustandardia.
REF	REcovered Fuel, kierrätyspolttoaine, jolle ei ole annettu laatustandardia.
SER	Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu, käytöstä poistetut sähkö- ja elektroniikkalaitteet ovat sähkö- ja elektroniikkalaiteromua.
SRF	Solid Recovered Fuel, kierrätyspolttoaine, joka on valmistettu kuivajätteestä.
STAN	subSTance flow Analysis, materiaalivirta-analyysiin käytettävä ohjelmisto.
TSV-jäte	Toissijaisen jätteenhuoltovelvollisuuden alainen jäte, jätelain (646/2011) momentissa 33 säädetty velvollisuus järjestää jätehuolto jätteelle, jolle ei ole muuta vastaanottopaikkaa.

WtE Waste-to-Energy, jätteen energiahyödyntäminen, jolla tarkoitetaan useimmiten jätteenpolttoa. Jätteen energiahyödyntämisessä voidaan hyödyntää arinapolttota tai rinnakkaispolttolaitoksia.

1 JOHDANTO

Nykyisessä maailman ilmapiirissä kierrätys ja kiertotalous ovat ajanmukaisia ilmiöitä. Kestävä kehitys on tärkeää elämän jatkuvuuden takia ja luonnonvarojen ehtymisen hidastamiseksi. Kasvihuonekaasupäästöjen alentaminen sekä ilmastomuutoksen hidastaminen ovat keinoja tukea kestävä kehitystä. Näihin haasteisiin Euroopan unioni on päättänyt reagoida ilmastopolitiikan keinoin. Euroopan parlamentti on hyväksynyt kiertotalouspaketin vuonna 2018, jonka tavoitteena on luoda tehokkaampi jätehuolto asettamalla tavoitteita jätteen kierrätykselle sekä kaatopaikalle sijoitettavan jätteen määrälle. Kiertotalouspaketin konkretisoimiseksi tavoitteille on asetettu vaadittavat kierrätysmäärät jokaiselle jätejakeelle tiettyyn määräaikaan mennessä. Kiertotalouspaketin lisäksi Euroopan komissio on asettanut tiekartan 2050, joka sisältää energia-, ympäristö-, ja ilmastotavoitteita, joiden tarkoituksena on tehdä Euroopan unionista vähähiilinen talousalue.

Euroopan parlamentin antaman kiertotalouspaketin osalta Suomi on jo saavuttanut kaatopaikalle sijoitettavan yhdyskuntajättemäärän prosenttiosuuden. Hallitus on asettanut tavoitteeksi nostaa Suomi kiertotalouden kärkimaaksi 2025 mennessä. Euroopan komission tiekarttaa vähähiiliseen talouteen 2050 ei vielä sellaisenaan ole otettu käyttöön Suomessa. VTT on luonut vähähiiliset tiekartat Suomelle 2050, joita voidaan hyödyntää tavoiteltaessa Euroopan komission asettamia tavoitearvoja.

Suomessa jätehuoltoa ohjaa jätelaki. Jätehuoltoa ohjaa myös valtioneuvoston hyväksymä valtakunnallinen jätesuunnitelma, joka on tärkeä strateginen suunnitelma. Se sisältää Suomen jätehuollon sekä jätteen synnyn ehkäisyn tavoitteet ja toimenpiteet. Hallituksen tavoitellessa parempaa kilpailukykyä jätehuoltoalalla, on jätelakia alettu uudistamaan. Uuden hankintalain sekä eduskunnan toukokuussa 2018 hyväksymän jätelain muutoksen tullessa voimaan, voi kunnallisten jäteyhtiöiden markkinaehtoinen myynti korkeintaan olla 10 % liikevaihdosta. Valtakunnallinen jätesuunnitelma ilmaisee jätteen synnyn ehkäisyn tavoitteet ja toimenpiteet vuoteen 2023. Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa on annettu myös tavoitetila vuoteen 2030.

Pohjois-Suomen alueella jätehuollon järjestäminen voi olla haastavaa pitkien välimatkojen takia. Kiertokaari on Oulun alueen kunnallinen jätehuolto-yhtiö, jonka toimialue on 13 Oulun lähialueen kuntaa. Kiertokaaren tulee pystyä vastaamaan jätelain

uudistuksiin kuten myös valtakunnallisen jätesuunnitelman tavoitteisiin. Muuttuvassa yhteiskunnassa Kiertokaaren rooli kunnallisena jätehuoltoyhtiönä laajentuu kohti kiertotaloustoimijaa. Jätelain uudistuksessa tehty 10 % ulosmyyntioikeus edellyttää myös muutoksia Kiertokaaren toimintaan. Koko liiketoimintaa tulisi kehittää, jotta markkinaehtoista jätettä pystyttäisiin ottamaan vastaan mahdollisimman paljon. Toisaalta kunnallisena jäteyhtiönä Kiertokaarella on myös vastuu ohjeistaa kuntalaisia jätehuoltoon liittyvissä asioissa ja ilman riittäviä tuottoja vastuunalaisten tehtävien tuottaminen voi vaarantua, jätehuoltomaksu nousta tai aiempi ohjauksen taso voi laskea.

Työssä tarkastellaan Kiertokaaren lajitteluareena Laren toimintaa sekä hankintalain ja jätelain uudistuksen aiheuttamia muutospaineita toiminnassa. Lisäksi tarkastellaan jäte- ja hankintalainsäädäntöä sekä valtakunnallista jätesuunnitelmaa ja kiertotalouspakettia. Lajitteluareenan toimintaa on tutkittu seka- ja rakennusjätteen lajittelututkimuksella. Tuloksiin odotetaan saavan johdonmukainen arvio nykyisestä Kiertokaaren lajitteluareenan toiminnasta sekä tulevaisuuden näkymä Oulun Energian jätteenlajittelulaitoksen toteutuessa. Tuloksista löytyy myös taloudellinen arvio lajitteluareenalle aiheutuvista muutoksista johtuen.

Lajitteluareena Larella on jo aiemmin tehty lajittelututkimus vuonna 2013, mutta toiminnan luonteen muututtua yhä kehittyneempään suuntaan on aika tehdä uusi lajittelututkimus. Suomessa Suomen Kiertovoima ry (KIVO) pitää yllä koostumustietopankkia, johon kootaan Suomessa tehtyjä kotitalouksien sekajätteen koostumustutkimuksia. Työn tutkimuksen kanssa vastaavanlaisista seka- ja rakennusjätteen koostumustutkimuksista ei pidetä yllä tietokantaa. Tutkimusongelmaa pyritään ratkaisemaan aiempien lajittelututkimusten, tehtävän lajittelututkimuksen sekä tilastojen pohjalta.

Työlle on asetettu kolme tavoitetta. Nämä tavoitteet ovat selvittää

1. Kuinka jätelain uudistus ja hankintalaki vaikuttavat Kiertokaaren toimintaan?
2. Mikä on lajittelemattoman seka- ja rakennusjätteen koostumus sekä millaisia muutoksia uusi lajittelulaitos aiheuttaa Kiertokaaren toimintaan?
3. Miten Kiertokaaren ja Oulun Energian välinen yhteistyö saadaan toimivaksi?

Työlle asetettuja tavoitteita tarkastellaan työssä erilaisten skenaarioiden avulla, jotka on esitetty luvussa 4.3.2. Skenaarioiden avulla pyritään tarkastelemaan mahdollisia

tulevaisuuden toimintaympäristöjä ja toimintamalleja. Ensimmäisessä skenaariossa (työssä skenaario 0.) Oulun Energian suunnittelemaa lajittelulaitosta ei rakenneta, mutta Kiertokaari joutuu silti tarkastelemaan toimintaansa jätelain uudistuksen 10 % ulosmyyntioikeuden takia. Toisessa skenaariossa (työssä skenaario 1.) lajittelulaitos on huomioitu ja tarkastellaan tulevaisuutta kahden eri lajittelulaitoksen ja lajitteluareenan muodostaman kokonaisuuden vastaanottaman jätemäärän kautta. Oletetaan, että lajittelulaitoksen ja lajitteluareenan muodostama kokonaisuus vastaanottaa a) 60 000 tonnia jätettä tai b) 100 000 tonnia jätettä. Kiertokaaren lajitteluareenalle vastaanottama jätemäärä muuttuu, skenaariossa on tarkasteltu erikseen kahta eri lajitteluareenalle vastaanotettavaa jätemäärää: a) 6 000 tonnia vuosittain tai b) 20 000 tonnia vuosittain. Kolmannessa skenaariossa (työssä skenaario 2.) Kiertokaari ja Oulun Energia perustavat uuden tytäryhtiön, joka ottaa haltuunsa sekä lajitteluareenan että lajittelulaitoksen.

Kappaleessa kaksi on käsitelty työn kannalta oleellista lainsäädäntöä, kiertotalouspakettia sekä valtakunnallista jätesuunnitelmaa. Kappaleessa kolme on määritelty jätteeseen ja jätteenkäsittelyyn liittyvää käsitteistöä. Kappaleessa neljä esitellään diplomityöhön liittyvät yritykset. Tutkimusmenetelmät ja -aineisto ovat kuvattu kappaleessa viisi. Kappaleessa kuusi on esitetty tutkimustulokset. Tulokset on analysoitu ja niitä on pohdittu kappaleessa seitsemän. Yhteenveto työstä on kappaleessa kahdeksan.

2 JÄTEHUOLTOA OHJAAVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Jätehuoltoa ohjaa Euroopan Unionin ja Suomen valtion asettama lainsäädäntö. Jätehuoltoa ohjaavat erityisesti jätelaki, asetus kaatopaikoista ja ympäristönsuojelulaki. Tässä kappaleessa on käsitelty jätelakia, kuten myös hankintalakia niiltä osin kuin se jätelakiin vaikuttaa. Lisäksi on käsitelty jätehuollon kehittämiseen liittyvää valtakunnallista jätesuunnitelmaa ja Euroopan Unionin kiertotalouspakettia. Jätelain uudistusten tullessa voimaan on Kiertokaaren muutettava toimintaansa siten, että se vastaa lakien sisältöä ja tuottaa edelleen liikevoittoa turvatakseen kunnalliset jätepalvelut. Kiertokaaren tulee myös pystyä vastaamaan kiertotalouspaketin ja valtakunnallisen jätesuunnitelman asettamiin tavoitteisiin, jotta myös valtakunnallisella tasolla tavoitteiden saavuttaminen onnistuisi.

2.1 Jätelaki

Jätelainsäädännön tavoitteena on kestävän kehityksen tukeminen luonnonvarojen järkevällä käytöllä, jätteen määrän ja haitallisuuden vähentäminen, jätteiden ja jätehuollon aiheuttaman vaaran sekä terveys- ja ympäristöhaittojen ehkäiseminen sekä toimivan jätehuollon varmistaminen ja roskaamisen ehkäisy (Ympäristöministeriö 2017). Jätelaki (2011/646) määrittelee jätteeksi sellaisen aineen tai esineen, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä tai on velvollinen poistamaan käytöstä. Jätelaki (2011/646 32 §) velvoittaa kuntaa järjestämään jätehuollon. Kiertokaari Oy on velvoitettu kunnalliseksi jätehuoltotoimijaksi. Jätelakia ryhdyttiin uudistamaan vuonna 2017. Hallituksen tavoitteena on siirtää jätehuoltoa enemmän yksityisten toimijoiden piiriin ja näin parantaa kilpailukykyä. Uudistus on tarkoitus toteuttaa useassa eri vaiheessa.

2.1.1 Jätelain uudistuksen ensimmäinen vaihe

Jätelain uudistuksen ensimmäisessä vaiheessa yhdyskuntajätehuollon vastuunjakoa koskevia säännöksiä muutettiin siten, että kunnille säädetty vastuu rajoittuu pääosin vain asumisessa syntyvään jätteeseen. Lisäksi tehtiin vastuunrajausta koskeva muutos, joka käsittää jätelain 32 § ja 42 §. Tämä muutos käsittää pääasiassa sosiaali- ja terveyspalveluissa syntyvän jätteen jätehuoltoa, jossa vastuu siirtyy kunnalta jätteen haltijalle. Kunnan jätehuollon alalla toimiville sidosyksiköille ja hankintayksiköille

säädettiin myös markkinaehtoista toimintaa rajoittava ulosmyynnin osuus, joka on 10 % 1.1.2019 alkaen ja 5 % 1.1.2030 alkaen. Jätelain uudistuksen ensimmäinen vaihe, muutos (445/2018) tulee voimaan vuoden 2019 alussa. (Ympäristöministeriö 2018)

2.1.2 Jätelain uudistuksen toinen vaihe

Jätelain uudistuksen toisen vaiheen muutokset liittyvät kunnan toissijaisen jätehuollon järjestämisvelvollisuuksien täsmentämiseen. Luonnos hallituksen esitykseksi jätelain uudistuksen toisen vaiheen muutoksista oli lausunnoilla 26.6. – 24.8.2018. Kunnalla on jätelain (646/2011 33 §) mukaan velvollisuus järjestää jätehuolto toissijaisesti. Jätehuolto on järjestettävä toissijaisesti, mikäli muuta palveluntarjoajaa ei löydy. Lisäksi jätteen tulee olla laadultaan sekä määrältään soveltuvaa kuljetettavaksi ja käsiteltäväksi kunnan jätehuoltojärjestelmässä, jotta se voidaan ottaa toissijaisena vastaan. Näitä palveluita kutsutaan TSV-palveluiksi. Kunnalliset jätehuollon toimijat voivat jatkossa järjestää palveluita muille kuin kotitalouksille vain TSV-palveluna tai markkinaehtoisesti. Esityksessä on ehdotettu muun palveluntarjoajan puutteen todentamiseen tarkoitettua jätteiden ja sivuvirtojen tietoaalustaa ja sen käyttämistä. Tietoaalustan ylläpitäjäksi velvoitettaisiin Motiva ry. Lisäksi tarkoituksena on täsmentää kunnan toissijaisen jätehuoltovelvollisuuden nojalla organisoimasta palvelusta veloittavan jätemaksun periaatteita. Näiden muutosten tavoitteena on luoda kunnan toissijaisen jätehuoltovelvollisuuden läpinäkyvyyttä ja edistää jäte- ja kierrätysmarkkinoiden toimintaa. (Ympäristöministeriö 2018)

2.1.3 Hankintalaki jätehuollon piirissä

Uusi hankintalaki on astunut voimaan 1.1.2017. Hankintalaki on laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista, lakiin on kirjattuna lain tavoitteet: ”tehostaa julkisten varojen käyttöä, edistää laadukkaiden, innovatiivisten ja kestävien hankintojen tekemistä sekä turvata yritysten ja yhteisöjen tasapuoliset mahdollisuudet tarjota tavaroita, palveluja ja rakennusurakoita julkisten hankintojen tarjouskilpailuissa.” (Hankintalaki 1397/2016 2 §)

Hallituksen esityksessä (195/2017) ehdotettiin lisättäväksi jätelakiin uudistuksen yhteydessä säännös. Tämän säännöksen avulla voidaan sovittaa yhteen jätelaki ja hankintalaki. Nämä säännökset käsittelevät jätehuollon toimialan sidosyksiköiden sekä hankintayksiköiden markkinaehtoista toimintaa koskevaa ulosmyyntirajaa. Hankintalain

valmistelun yhteydessä ei erikseen tarkasteltu vaikutuksia jätehuollon kannalta, joten jätehuollon osalta hankintalakia sovellettiin erikseen, tarkoittaen jätelain uudistusta. Uuden hankintalain myötä TSV-palveluun liittyvää avoimuutta halutaan lisätä sekä luoda uusi markkinapaikka TSV-jätteelle, joka parantaisi jätealan kilpailua. (Ympäristöministeriö 2017)

2.1.4 Jätelain uudistuksien vaikutukset kunnallisessa jätehuoltotoiminnassa

Jätelakiin kirjattu muutos, joka astuu voimaan 1.1.2019 tarkoittaa Kiertokaaren tapauksessa toiminnan uudelleenorganisointia. Jätelain uudistuksen ensimmäisen vaiheen myötä Kiertokaaren asiakkuuksien määrä saattaa vähentyä ja sen myötä tulevan jätekapasiteetin määrä saattaa pienentyä, koska markkinaehtoista jätettä ei voida vastaanottaa kuin ulosmyynnin osuuden verran eli 10 % yrityksen liikevaihdosta. Liiketoiminnan kehittämiseksi voi syntyä paineita 10 % ulosmyynnin takia. Liiketoimintaa tulee kehittää, jotta liikevaihto kasvaisi ja markkinaehtoista jätettä pystyttäisiin näin ollen vastaanottamaan enemmän. Jätelain muutos aiheuttaa myös jätteenkäsittelyn painottumista yksityisille jätehuollon toimijoille ja kilpailun kasvamista jätehuollon alalla. Toisen vaiheen esitys on vasta luonnos tämän diplomityön kirjoittamisen aikaan ja toteutuessaan se vaatisi toimenpiteitä Kiertokaaren toiminnassa, esimerkiksi uuden Motiva ry:n ylläpitämän tietöalustan käyttöönottamisen ja sopeutumisen uuteen toimintaympäristöön.

2.2 Asetus kaatopaikoista

Suomessa on voimassa valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (331/2013), jonka tarkoituksena on ehkäistä pintaveden, pohjaveden, maaperän ja ilman pilaantumista sekä torjua ilmastonmuutosta sekä muita haitallisia ympäristövaikutuksia. Asetus ohjailee kaatopaikkojen suunnittelua, perustamista, rakentamista, käyttöä, hoitoa, käytöstä poistamista ja jälkihoitoa. Asetuksessa (331/2013 3 §) määritellään kaatopaikaksi ”jätteiden loppukäsittelypaikka, jonne sijoitetaan jätettä maan päälle tai maahan”. Tärkeää on määrittää jätteen kaatopaikkakelpoisuus, sillä jos jäte ei täytä kaatopaikkakelpoisuusvaatimuksia, jätettä ei voida sijoittaa kaatopaikalle. Arviointiperusteita ovat jätteen koostumus, orgaanisen aineksen määrä ja liukoisuusominaisuudet, jätteen ja siitä muodostuvan kaatopaikkaveden ekotoksikologiset ominaisuudet. (331/2013 16 §)

Lisäksi Euroopan unionin neuvosto on asettanut kaatopaikkadirektiivin (1999/31/EY) Kaatopaikkadirektiiviä halutaan uudistaa, jotta voidaan parantaa jätehuoltoa Euroopan unionin jäsenmaissa. Kaatopaikkadirektiivin muuttamisesta annetussa direktiivissä (2018/850) jätehuoltoa halutaan parantaa ympäristön suojelemiseksi ja säilyttämiseksi sekä jätehuollon laadun parantamiseksi, ihmisten terveyden suojelemiseksi, luonnonvarojen tehokkaan, harkitun ja järkevän käytön varmistamiseksi, energiatehokkuuden parantamiseksi, kiertotalouden periaatteiden edistämiseksi sekä unionin tuontiresurssi riippuvuuden vähentämiseksi. Kaatopaikkadirektiivin tavoitteita halutaan tiukentaa, jotta ne heijastavat unionin halua siirtyä kiertotalouteen. Arvioidaan, että rajoittamalla erilliskerättävinä saatavien jätevirtojen (muovit, metallit, lasi, paperi ja biojäte) sijoittamista kaatopaikalle saadaan ympäristöön liittyviä, taloudellisia ja sosiaalisia hyötyjä. Biohajoavan yhdyskuntajätteen määrää kaatopaikalla halutaan rajata, koska sen sijoittaminen aiheuttaa huomattavia kielteisiä ympäristövaikutuksia, kuten kasvihuonekaasujen päästöjä sekä pinta- ja pohjaveden, maaperän ja ilman pilaantumista. Suomessa kaatopaikkasijoittamisen tilanne on hyvä, sillä tilastokeskuksen mukaan vuonna 2016 vain noin 3 % kaikesta Suomessa tuotetusta yhdyskuntajätteestä sijoitettiin kaatopaikalle (Tilastokeskus 2018a). Tiukentuneen Euroopan unionin kaatopaikkadirektiivin myötä voidaan todeta, että Suomessa kehityssuunta kaatopaikalle sijoitettavan jätteen määrästä on oikea.

2.3 Kiertotalouspaketti

Kiertotalouden määritelmänä voidaan pitää tuotteiden ja materiaalien arvon maksimointia, kun resurssien käyttöä minimoidaan. Euroopan komission mukaan ”kiertotaloudessa tuotteiden ja materiaalien arvo säilytetään mahdollisimman pitkään, jätteet ja resurssien käyttö minimoidaan ja resurssit säilytetään taloudessa silloinkin, kun tuotteen käyttöikä on päättynyt, jotta ne voidaan käyttää yhä uudelleen ja siten saavuttaa uutta lisäarvoa.” (Euroopan komissio 2018)

Euroopan komissio on hyväksynyt vuonna 2015 kiertotalouspaketin. Kiertotalouspaketti sisältää lainsäädännöllisiä ehdotuksia ja toimintasuunnitelman, joka sisältää konkreettisia toimia. Sen avulla eurooppalaiset kuluttajat sekä yritykset saadaan siirtymään toimivaan kiertotalouteen, jossa resurssit hyödynnetään kestävämmällä tavalla. Konkreettisia toimenpiteitä, joilla voidaan edistää uudelleenkäyttöä ja teollista symbioosia, odotetaan myös tapahtuvan. Uudelleenkäytön avulla yhden toimialan

sivutuotteesta voi tulla toisen toimialan raaka-ainetta. Kiertotalouspaketissa esitetään myös taloudellisia kannustimia tuottajille, jotta markkinoille saataisiin ympäristöystävällisempiä tuotteita. Kiertotalouspaketti kieltää erikseen kerätyn jätteen sijoittamisen kaatopaikalle ja sen avulla tuetaan myös taloudellisia välineitä, joilla pyritään vähentämään jätteen sijoittamista kaatopaikalle. Kiertotalouspaketin jätteitä koskevassa tarkistetussa ehdotuksessa esitetään johdonmukaisempia ja yksinkertaisempia kierrätysmäärien laskentamenetelmiä koko Euroopan unionissa. Kiertotalouspaketti sisältää myös uudistettuja lakiesityksiä jätteeseen liittyen. Uudistetuilla lakiesityksillä on tarkoitus stimuloida Euroopan siirtymistä kiertotalouteen, joka kiihdyttää kansainvälistä kilpailukykyä kestävä kehityksen mukaisesti ja luo uusia mahdollisuuksia työmarkkinoilla. Uudistetut jätelakiesitykset sisältävät selkeitä jätteen vähennystavoitteita ja luovat pitkän aikavälin viitekehityksen jätehuollolle ja kierrätykselle. Euroopan komission uudistettu jätelakiesitys asettaa Euroopan unionin yhteisen tavoitteen vuoteen 2030 mennessä 65 % yhdyskuntajätteen kierrätykselle ja 75 % pakkausjätteen kierrätykselle. Lisäksi jätelakiesitys asettaa sitovan tavoitteen vähentää yhdyskuntajätteestä loppusijoitukseen päätyvän jätteen määräksi 10 % vuoteen 2030 mennessä. (Euroopan komissio 2017) Suomessa loppusijoituksen tavoite on saavutettu jo vuonna 2016, jolloin loppusijoitetun jätteen määrä kaikesta yhdyskuntajätteestä on ollut vain 3 % (Tilastokeskus 2018a).

Jätteiden energiahyödyntämistä pidetään tehokkaimpana vaihtoehtona, silloin kun jätettä ei voida hyödyntää muuhun tarkoitukseen. Deloitte Energiateollisuudelle tekemän ”Kiertotalous energia-alalla” -raportin mukaan vuonna 2016 kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotantoon käytetyn biojätteen osuus on ollut kaikesta polttoaine-energiasta 6,1 % sekä muun jätteen, joka ei ole ollut biojätettä osuus on ollut 2,6 %. Raportissa todetaan myös, että biomassan, jätteiden energiahyödyntämisen ja ylijäämälämpöjen osuudet ovat olleet viime vuosina merkittävästi kasvussa. Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähköntuotanto on 59,1 % tuotettu fossiilisilla energianlähteillä, ja siirtymällä muihin mahdollisiin energianlähteisiin kuten jätteiden energiakäyttöön, lämpöpumppuihin, maalämpöön, bioenergiaan tai muihin uusiutuviin energianlähteisiin on mahdollista saavuttaa kiertotalouden tavoitteiden mukainen lämmöntuotanto. (Deloitte 2018)

2.4 Valtakunnallinen jätesuunnitelma 2023

Valtakunnallinen jätesuunnitelma ”Kierrätyksestä kiertotalouteen – valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023” on ympäristöministeriön ja useiden eri yhteistyötahojen sekä sidosryhmien laatima, valtioneuvoston hyväksymä suunnitelma, jossa esitetään jätehuollon ja jätteen synnyn ehkäisyn tavoitetilä vuonna 2030 sekä yksityiskohtaiset tavoitteet vuoteen 2023 ja toimenpiteet, joiden avulla asetetut tavoitteet saavutetaan. Kansallinen jätesuunnitelma on EU:n jätedirektiivin (2008/98/EY) edellyttämä strateginen suunnitelma, jonka tärkeimmät vaikutukset liittyvät kestävän ja turvallisen käytön lisääntymiseen sekä ympäristönsuojelun edistämiseen. Kansalliseen jätesuunnitelmaan lukeutuu jätteiden synnyn ehkäisyn ja jätehuollon strategiset tavoitteet, jotka halutaan saavuttaa vuoteen 2023 mennessä. Lisäksi siihen on kirjattu toimet, kuinka nämä tavoitteet saavutetaan. Kansallisen jätesuunnitelman toteutuessa myönteisinä vaikutuksina kierrätyksen taso nousee ja jätemäärät vähenevät. Se luo mahdollisuuksia myös kiertotalouden uusia toimintamalleja ajatellen. Valtakunnalliseen jätesuunnitelmaan on valittu neljä painopistealuetta, joille on tehty yksityiskohtaiset tavoitteet ja toimenpiteet. Painopistealueet on valittu kyseisten jätevirtojen kierrätyksen edistämisen sekä määrän ja haitallisuuden vähentämisen takia. Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa 2023 painopistealueet ovat:

1. Rakentamisen jäte
2. Biohajoava jäte
3. Yhdyskuntajäte
4. Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu

Rakentamisessa syntyvän jätteen kohdalla yksityiskohtaiset tavoitteet ovat jätteen määrän vähentäminen, materiaalina hyödyntämistason nostaminen 70 %:in, jätteiden hyödyntämisen lisääminen riskit halliten sekä tilastoinnin tarkkuuden lisääminen. Biohajoavan jätteen yksityiskohtaiset tavoitteet ovat ruokahävikin puolittaminen 2030 mennessä, yhdyskuntajätteessä olevan biojätteen 60 % kierrättäminen ja neitseellisistä raaka-aineista valmistettujen lannoitteiden korvaaminen kierrätysraaka-aineista valmistetuilla lannoitevalmisteilla. Yhdyskuntajätteelle yksityiskohtaisiin tavoitteisiin lukeutuu jätteen kierrätystason nostaminen 55 %:in, pakkausjätteiden kierrätyksen lisääminen sekä jätemäärän kasvun hidastuminen suhteessa bruttokansantuotteeseen (BKT) ja suhteellisen irtikytken saavuttaminen. Suhteellisella irtikytkenällä

tarkoitetaan talouskasvun ja haitallisten ympäristövaikutusten välistä riippuvuutta (Sitra 2015). Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun (SER) osalta yksityiskohtaisiksi tavoitteiksi ovat asetettu käyttöiän piteneminen ja käyttöasteen kasvaminen, SER:n sekajäteosuuden vähentäminen sekä kierrätyksen lisääminen, SER:n kriittisten raaka-aineiden ja arvokkaiden materiaalien tehokkaampi talteenottaminen ja jälleen kiertoon saaminen. Lisäksi tavoitteena on haitallisten aineiden kierrosta poistaminen. Tavoitteena on myös tehostaa käytettyjen sähkö- ja elektroniikkalaitteiden sekä laiteromun viennin valvontaa. (Valtakunnallinen jätesuunnitelma 2023)

3 VASTAANOTETTAVAT JÄTTEET JA JÄTTEENKÄSITTELY

Jätteille on annettu eri määritelmät riippuen sen alkulähteestä. Tässä kappaleessa esitellään työn kannalta olennaisimmat jätelaadut eli lajitteluareenalle vastaanotettavat jätteet ja jätteistä saatava kierrätyspolttoaine eli SRF. Lajitteluareenalla vastaanotetaan seka- ja rakennusjätettä. Lisäksi käsitellään yleisimpiä jätteenkäsittelymenetelmiä, jätteen materiaalihyödyntämistä, energiahyödyntämistä sekä loppusijoitusta.

3.1 Lajitteluareenalla ja lajittelulaitoksessa käsiteltävät jätteet

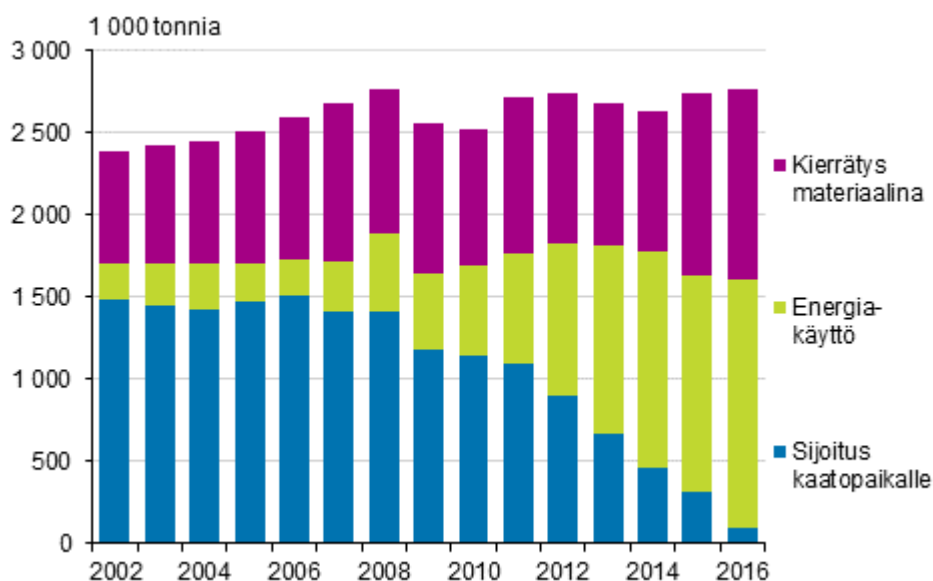
Lajitteluareenalle vastaanotetaan rakennus- ja sekajätettä. Lajitteluareenalle tuotava rakennusjäte on uudisrakentamisessa, purkamisessa ja korjausrakentamisessa syntyvää jätettä. Lajitteluareenalle vastaanotettava sekajäte on sekalaista suurikokoista jätettä ja varsinainen kotitalouksissa syntynyt yhdyskuntajäte ohjataan Oulussa suoraan ekovoimalaitokselle hyödynnettäväksi energiana. Uudella lajittelulaitoksella lopputuotteena syntyy mm. kierrätyspolttoainetta, jota voidaan käyttää Oulun Energian biovoimalaitoksella.

3.1.1 Yhdyskuntajäte

Yhdyskuntajäte on kotitalouksissa syntynyttä jätettä sekä tuotannossa, etenkin palvelualoilla, kertynyttä kotitalousjätteeseen verrattavissa olevaa jätettä. Yhdyskuntajäte on lopputuotteiden kulutuksessa syntynyttä jätettä ja se on kunnan jätehuollon piirissä. (Tilastokeskus 2018b) Yhdyskuntajäte voidaan jakaa palamattomaan ja palavaan osaan tai orgaaniseen ja epäorgaaniseen osaan. Yhdyskuntajätteen jätejakeita ovat esimerkiksi biojäte, paperi, tekstiili, puu, muovi, lasi ja metalli. Jätteen ensisijainen käyttäjä ei koe jätteelle enää käyttöarvoa, joten jäte toimitetaan edelleen käsittelyyn. (Ramachandra et al. 2018)

Yhdyskuntajätteen vuosittainen kokonaismäärä on vuosituhanteen jälkeen kasvanut. Samanaikaisesti jätteen hyödyntäminen kierrätettynä tai energiakäytössä on yleistynyt niin, että nykyinen jätteen loppusijoitusmäärä on Suomessa enää vain noin 3 % kaikesta yhdyskuntajätteestä. Yhdyskuntajätteestä 55 % hyödynnetään energiana ja 42 % kierrätetään materiaaleina. Asukasta kohti laskettu yhdyskuntajätteen määrä on vakiintunut noin viiteensataan kiloon. (Tilastokeskus 2018a) Yhdyskuntajätteen määrä

asukasta kohti on toki kasvanut kahdessakymmenessä vuodessa 22 % (Eurostat 2018). Kuvassa 1 on esitetty Tilastokeskuksen graafinen esitys yhdyskuntajätteen käsittelytapojen osuuksista vuosina 2002 – 2016.



Kuva 1. Yhdyskuntajätteen käsittelytapojen määrällinen kehittyminen vuosina 2002 – 2016. (Lähde: Tilastokeskus 2018c)

Kuvassa 1 on selkeästi havaittavissa, kuinka energiakäyttö sekä kierrätysmateriaalin osuus on kasvanut vuodesta 2007 alkaen. Samanaikaisesti jätteen loppusijoittaminen kaatopaikalle on vähentynyt huomattavasti.

3.1.2 Rakennus- ja purkujäte

Rakennus- ja purkujätteeksi voidaan määritellä jäte, joka tulee uudis- ja korjausrakennustyömailta sekä purkutyömailta. Rakennus- ja purkujäte voi olla myös syntynyt luonnonkatastrofin, kuten maanjäristyksen, tulvan, tsunamin tai hurrikaanin seurauksena. (Menegaki & Damigos 2018)

Rakentamiseen käytetään runsaasti resursseja, mukaan lukien uusiutumattomia raaka-aineita ja energiaa. Suunniteltaessa rakennusprojektia on tärkeää, että resurssien käyttö optimoidaan. Ibrahimin (2016) tekemän tutkimuksen mukaan rakennusmateriaalien kustannukset laskivat, kun kierrätetyn materiaalin prosentuaalinen osuus kokonaisrakennusmateriaaleista kasvoi. Taloudellinen ratkaisu on kasvattaa kierrätetyn materiaalin käyttöä rakentamisessa. Rakentamisen jätehuollossa tapahtuva

materiaalikierrättäminen on kestävä kehityksen mukainen keino käyttää rakentamisessa syntynyt jäte. Tehokkaalla kierrättämisellä saadaan sekä ympäristöhyötyä että taloudellisia tuloja. (Ibrahim 2016)

3.1.3 Kierrätyspolttoaineet

Kierrätyspolttoaineiksi (SRF, REF, RDF) luetaan sellaiset jätepolttoaineet, jotka ovat teollisuuden, yritysten ja yhdyskuntien syntypaikkalajitellusta jätteestä tai sekajätteestä valmistettuja polttoaineita. Yleisimmät lyhenteet kierrätyspolttoaineille ovat SRF (Solid Recovered Fuel), REF (REcovered Fuel) ja RDF (Refuse-Derived Fuel). Eri kierrätyspolttoainemerkkien erona on SRF:lle asetettu laatustandardi, kun taas REF:lle ja RDF:lle ei ole asetettu minkäänlaista standardia ja niiden sisältöä ei voida taata. SRF:n laatustandardina toimii Suomessa Euroopan unionin asettama SFS-EN 15359. Standardin tarkoituksena on mahdollistaa kierrätyspolttoaineiden tehokas kauppa, edistää niiden hyväksyntää polttoainemarkkinoilla ja lisätä kansalaisten luottamusta niihin. Kiinteille kierrätyspolttoaineille on standardissa annettu luokitusjärjestelmä, joka perustuu polttoaineen kolmen tärkeän ominaisuuden raja-arvoihin. Raja-arvot ovat tehollisen lämpöarvon keskiarvo (MJ/kg), klooripitoisuuden keskiarvo (%) sekä elohopeapitoisuuden mediaaniarvo ja 80. prosenttipisteen arvo (mg/MJ). Kukin ominaisuuksista on edelleen jaettu viiteen luokkaan. Kiinteä kierrätyspolttoaine luokitellaan kunkin ominaisuuden perusteella johonkin luokista 1 – 5. Kiinteiden kierrätyspolttoaineiden luokitusjärjestelmä on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kiinteiden kierrätyspolttoaineiden luokitusjärjestelmä.

Luokitusominaisuus	Tilastollinen mitta	Yksikkö	Luokat				
			1	2	3	4	5
Tehollinen lämpöarvo (NCV)	Keskiarvo	MJ/kg (ar)	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	≥ 3
Klooripitoisuus (Cl)	Keskiarvo	% (d)	≤ 0,2	≤ 0,6	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 3
Elohopeapitoisuus (Hg)	Mediaani	mg/MJ (ar)	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,08	≤ 0,15	≤ 0,50
	80. prosenttipiste	mg/MJ (ar)	≤ 0,04	≤ 0,06	≤ 0,16	≤ 0,30	≤ 1,00

Luokkanumeroiden yhdistelmästä syntyy polttoaineelle luokkakoodi. Kiinteälle kierrätyspolttoaineelle on määrätty pakollisesti määriteltäväksi jo edellä mainittu luokkakoodi, lisäksi on määriteltävä kierrätyspolttoaineen valmistuksessa syötteenä käytetyn jätteen alkuperä, partikkelien muoto, partikkelien koko, kuiva-aineen tuhkapitoisuus, kosteuspitoisuus, tehollinen lämpöarvo ja kemiallisista ominaisuuksista klooripitoisuus kuiva-aineesta sekä jokaisen raskasmetallin pitoisuus ja pitoisuuksien yhteissumma kuiva-aineesta. Vapaaehtoisesti kierrätyspolttoaineelle voidaan määritellä biomassaosuus, pääjakeiden (kuten paperi, puu, kumi, muovi jne.) koostumus, polttoaineen valmistuksen kuvailu, fysikaaliset ominaisuudet (kuten irtotiheys, tuhkan sulamiskäyttäytyminen ja haihtuvien aineiden pitoisuus) sekä kemialliset ominaisuudet, kuten polttoaineen pääalkuaineet ja hivenaineet.

Kierrätyspolttoaineen valmistaminen vaatii jätteen esikäsittelyä sekä prosessointia. Saadun kierrätyspolttoaineen laatuun vaikuttaa olennaisesti käytetyn jätteen koostumus sekä polttoaineen valmistusprosessi. Kierrätyspolttoaineelle tehtäviä prosessivaiheita voivat olla esilajittelu, seulonta, magneettierotus, käsin lajittelu, murskaus, magneettierotus, seulonta, pyörrevirtaerotus ja ilmaerottelu. Murskauksen avulla tavoitellaan pienempää palakokoa, joka soveltuu paremmin polttoon. Erottelun

tarkoituksena on saada eriteltyä polttoon sopimattomat jätejakeet, kuten metalli, talteen. (Vesanto P. et al. 2007)

Esikäsiteltyjä kierrätyspolttoaineita voidaan polttaa joko rinnakkaispolttona polttolaitoksissa esimerkiksi turpeen tai puun seassa tai erityisesti kierrätyspolttoaineille suunnitellussa jätevoimalaitoksessa. Kierrätyspolttoaineiden koostumuksen ansiosta ne palavat helposti ja palamisen täydellisyys on yleensä hyvä. Käsitelty kierrätyspolttoaine halutaan saada mahdollisimman homogeeniseksi, jotta palamisen hallinta olisi helpompaa. Kierrätyspolttoaineille yleisimmät polttotekniikat ovat leijupetipoltto ja kaasutus. (Jätelaitosyhdistys 2017a; Vesanto P. et al 2007)

3.2 Jätteen yleiset käsittelymuodot

Jätteen käsittelyn tarkoituksena on muuntaa jäte edelleen sellaiseen muotoon, että sitä voidaan uudelleen hyödyntää materiaalina, käyttää energiana tai sijoittaa kaatopaikalle. Jätejakeet halutaan käsitellä niin, etteivät ne ole haitallisia ympäristölle.

3.2.1 Yhdyskuntajätteen käsittely

Yhdyskuntajätettä voidaan käsitellä usealla eri tavalla, kuten anaerobisissa olosuhteissa, kompostoimalla, erilaisilla lämpökäsittelyillä tai loppusijoittamalla. (Kumar & Samadder 2017) Suomessa yhdyskuntajätteen käsittely perustuu korkeaan syntypaikkalajitteluasteeseen. Jätteet lajitellaan joko kiinteistökohtaisiin keräysastioihin tai alueellisiin keräyspisteisiin. Keräyspisteiltä jätteet kerätään ja kuljetetaan kierrätettäväksi, jätteenpolttolaitoksille tai jätteen loppusijoituspaikalle. (Jätelaitosyhdistys 2017b) Jätteitä kierrättämällä on mahdollista säästää neitseellisiä raaka-aineita. Energiantuotannossa jätteiden polttaminen voi korvata fossiilisten polttoaineiden tarvetta. Jätteiden loppusijoittaminen on vähentynyt Suomessa radikaalisti, vuonna 2016 vain noin 3 % yhdyskuntajätteestä sijoitettiin jätteen loppusijoituspaikalle (Tilastokeskus 2018a). Yhdyskuntajätettä voidaan käsitellä jätteenkäsittelylaitoksilla (engl. material recovery facility MRF tai engl. mechanical biological treatment MBT), joissa yhdyskuntajätteestä voidaan erotella kierrätysmateriaaleja (Cimpan et al. 2015).

3.2.2 Mekaaninen käsittely

Mekaanisen käsittelyn tavoitteena on jalostaa polttoon kelpaamattomia epäpuhtauksia sisältäviä jätėjakeita siten, että ne soveltuvat kierrätyspolttoaineeksi. Mekaanisen käsittelyn avulla jätevirrasta voidaan poistaa kierrätykseen sopivaa materiaalia ja siten nostaa kierrätysastetta (Havukainen et al. 2017). Mekaanisissa käsittelyprosesseissa hyödynnetään jätteiden eri ominaisuuksia, jotta voidaan poistaa jätteissä olevat epäpuhtaudet. Näitä ominaisuuksia ovat tiheys, kappalekoko, lämmönjohtokyky, optiset ominaisuudet tai palavista fraktioista poikkeava magneettisuus. (Myllymaa et al. 2008) Mekaanisen käsittelyn avulla jätevirta saadaan jaettua useampiin jakeisiin tai jätettä voidaan homogenisoida jatkokäsittelyä varten (Bilitewski 2010).

Mekaaniset käsittelytavat voidaan jakaa partikkelikoon pienentämiseen, erotteluun ja tiivistämiseen. Mekaaninen käsittely tulee suunnitella haluttua lopputulosta ajatellen. Mekaanisessa käsittelyssä voidaan käyttää joko yhtä yksikköprosessia tai luoda useammasta eri yksikköprosessista koostuva prosessi. Esimerkiksi jos halutaan erottaa pelkästään magneettiset metallit, tarvitaan vain yksi yksikköprosessi. Eroteltaessa magneettista metallia, magneetti erottaa yhden jätėjakeen kahteen eri jätėjakeeseen, joista toinen sisältää magneettisia metalleja ja toinen muuta jätettä. (Bilitewski 2010)

Partikkelikoon pienentäminen

Partikkelikoon pienentäminen tarkoittaa jätteen koon pienentämistä niin, että luodaan paljon samankokoisia alkuperäistä pienempiä partikkeleita hyödyntäen erilaisia repimiä ja murskaimia. Näin saadaan luotua homogeeninen jätevirta, jossa jättepartikkeleiden pinta-ala kasvaa ja syntynyt jätevirta edelleen sekoittuu. Kun valitaan sopivaa teknologiaa jätteen partikkelikoon pienentämistä varten, tulee määrittää, mitä partikkelin ominaisuutta halutaan pienentää: kokoa, tiheyttä, kovuutta, rakennetta, haurautta vai lohkeavuutta. Partikkelikoon pienentämisessä tulee myös määrittää syntyvän jättevirran käyttötarkoitus. Lisäksi syntyvän jättevirran halutut ominaisuudet tulee määrittää, esimerkiksi pienennettyjen partikkelien uusi koko, kokojakauma tai koon keskiarvo. Halutun lopputuloksen saamiseksi voidaan käyttää useita eri partikkelikoon pienennystekniikoita. Yleisimmät partikkelikoon pienentämisen käytettävät teknologiat ovat vasaramyllyt, iskumurskaimet, murskaimet, leikkurit, kaskadimyllyt ja leukamurskaimet (Bilitewski 2010). Pienennettävän jätteen materiaali vaikuttaa olennaisesti käytettävän koneiston valintaan, esimerkiksi vasaramyllyt

soveltuvat metallien pienentämiseen, kun taas leukamurskaimet soveltuvat parhaiten rakennus- ja purkujätteen pienentämiseen (Sander & Schuber 2003; Bilitewski 2010). Myös kemikaaleja voidaan käyttää partikkelikoon pienentämiseen, mutta niiden käyttö ei ole vielä yleistynyt. (Kuzmanova et.al. 2018)

Erottelu

Erottelun tarkoituksena on erotella jätejakeet tai -virrat siten, että yhdestä jätejakeesta muodostuu erottelun jälkeen kaksi tai useampia eri virtoja. Jätteiden erottelu perustuu yhden tai useamman jätteen ominaisuuden mukaan tapahtuvaan erotteluun. Ominaisuudet, joiden mukaan erottelu voi tapahtua ovat partikkelikoko, massa, magneettisuus, tiheys, ja jäykkyys. Erottelu voidaan tehdä käsin, seulomalla, ilmaerottelulla, ballistisella erottelulla, magneeteilla, optisilla laitteistoilla, flotaatiolla, manuaalisella erottelulla, pyörrevirtaerottimilla tai tiheyteen perustuvilla erottimilla. Mikäli erottelu onnistuu, voidaan saatavat jätevirrat kierrättää. (Bilitewski 2010) Yhdyskuntajätteen tapauksessa tärkein erottelun muoto on syntypaikkalajittelu. Syntypaikkalajittelun avulla kierrätysaste kasvaa ja jätteen loppusijoitus vähenee. (Yang et al. 2011)

Tiivistäminen

Jätteen tiivistämisen päämääränä on pienentää partikkelien pinta-alaa. Jätteen tiivistämisen avulla voidaan vähentää kustannuksia, koska sen avulla jätteen tilavuutta voidaan pienentää ja tarvittavan varastointitilan määrä vähenee. Tiivistämiseen hyödynnetään yleisesti kahta eri agglomeroititekniikkaa, partikkeleiden tiivistäminen aiheutetaan ulkoisilla tekijöillä (tiivistysagglomeerit) tai kerääntymistä tehostetaan sekoittamalla sitovia aineita partikkeleihin. Sitovien aineiden avulla pölymäisistä partikkeleista voidaan rakentaa suurempia, helpommin käsiteltävissä olevia partikkeleita. (Bilitewski 2010)

3.2.3 Mekaanis-biologinen käsittely

Mekaanis-biologisella käsittelyllä (mechanical biological treatment, MBT) tarkoitetaan prosessia, jossa yhdistetään mekaaninen jätteenkäsittely ja jätteestä erottelun orgaanisen jätteen biologinen käsittely. MBT-käsittelyn tarkoituksena on lisätä kierrätyksen astetta, hyödyntää jätejakeet ja vähentää loppusijoitettavan biohajoavan jätteen määrää

kaatopaikoilla. MBT-käsittelyssä jäte esikäsitellään ensin mekaanisesti ja erotellut jätejakeet siirretään edelleen jatkokäsittelyyn, esimerkiksi kierrätykseen. Sen jälkeen jäte käsitellään biologisesti, kuten kompostoimalla tai mädättämällä. Euroopan unionin asettama kaatopaikkadirektiivi 1999/31/EY edellyttää biohajoavien jätteiden loppusijoituksen asteittaista vähentämistä kaatopaikoille ja MBT-käsittelyä hyödyntämällä loppusijoituksen vähentäminen on mahdollista. (Bayard et al. 2010) Suomessa kaatopaikalle saa sijoittaa kaatopaikka-asetuksen (331/2013 28 §) mukaan sijoittaa tavanomaista jätettä, jos biohajoavan orgaanisen aineen osuus on alle 10 %.

Kompostointi

Kompostoinnin avulla käsitellään biohajoavaa jätettä aerobisissa eli hapellisissa olosuhteissa. Kompostointiin vaikuttavia tekijöitä ovat kosteuspitoisuus, lämpötila ja happipitoisuus. Aktiivinen mikrobitoiminta kompostissa nostaa kompostoinnin lämpötilaa nopeasti. Kompostoinnin happipitoisuutta voidaan säädellä passiivisesti kääntelemällä kasaa, antamalla ilmavirran kulkea läpi tai aktiivisesti syöttämällä kasaan ilmaa putkien avulla. (Ruggieri et al. 2008) Kompostoinnin lopputuote voidaan käyttää joko maanrakennukseen, kierrätyspolttoaineeseen (SRF) tai loppusijoittaa kaatopaikalle (Donovan et al. 2010).

Anaerobinen biohajoaminen

Anaerobinen biohajoaminen on prosessi, jossa orgaaninen jäte hajoaa hapettomassa tilassa muodostaen biokaasua. Jätteen anaerobisen biohajoamisen avulla voidaan käsitellä useita eri jätejakeita yhtä aikaa, sekä muodostaa energiaa biokaasun muodossa. Biokaasua voidaan käyttää lämmön- ja/tai höyryntuotantoon, sähkön ja lämmön yhteistuotantoon tai biokaasukulkuneuvojen polttoaineena. Biokaasun lisäksi toinen päälopputuote on mädäte eli prosessissa jäljelle jäävää massa, joka voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi lannoitteena. (Holm-Nielsen et al. 2009)

3.3 Materiaalihyödyntäminen

Jätteen materiaalihyödyntämisen ensisijaisena tavoitteena on vähentää luonnonvarojen käyttöä. Materiaalihyödyntämisellä tarkoitetaan yleisimmin kierrätystä. Jätelaki (646/2011 6 §) määrittelee kierrätyksen: ”toimintaa, jossa jäte valmistetaan tuotteeksi, materiaaliksi tai aineeksi joko alkuperäiseen tai muuhun tarkoitukseen; jätteen

kierrätyksenä ei pidetä jätteen hyödyntämistä energiana eikä jätteen valmistamista polttoaineeksi tai maantäyttöön käytettäväksi aineeksi”. Kierrätystä voi esimerkiksi olla metallien talteenotto tai muovien murskaus ja uusioraaka-aineena käyttö muovin tuotannossa. Jätteen energiasisällön hyödyntäminen ei ole kierrätystä. Uudelleenkäyttö on myös yksi mahdollinen tapa käsitellä jätettä. Jätelaissa (646/2011 6 §) jätteen uudelleenkäyttö on määritelty ”tuotteen tai sen osan käyttämistä uudelleen samaan tarkoitukseen kuin mihin se on alun perin suunniteltu”. Tämä voi esimerkiksi olla rakennuspurkutyömaalla ikkunoiden uudelleenkäyttöä. Jätelakiin (646/2011 8 §) on myös kirjattu yleinen velvollisuus noudattaa etusijajärjestystä, tarkoittaen ensisijaisesti suosittavaksi jätteen uudelleenkäyttöä, toissijaisesti kierrätystä.

Kierrätyksen onnistuminen riippuu teknisistä ja taloudellisista edellytyksistä. Kierrätetyille materiaaleille tulee olla olemassa olevat markkinat sekä käyttökohteet. Esteitä kierrätykselle ovat mm. markkinoiden puute kierrätysmateriaaleille sekä kierrätysmateriaalien heikko kilpailukyky hinnassa neitseellisiin raaka-aineisiin verrattuna. Kierrätykseen voi myös vaikuttaa vallalla olevat negatiiviset asenteet. (Meinander et al. 2012) Lisäksi materiaalihyödyntämisen kehitystä voi rajoittaa jätteenpolttolaitosten ylikapasiteetti (Salmenperä et al. 2018).

Kierrätystä edistetään myös End-of-Waste –menettelyllä, sillä sen avulla jätteen kaupallinen hyödyntäminen on mahdollista. End-of-Waste –menettelyssä jäte lakkaa olemasta jäte ja muuttuu jälleen tuotteeksi. Euroopan jätedirektiivi (2008/98/EY) määrittelee kriteerit, jotka jätteen täytyy saavuttaa saadakseen jälleen tuotteen asema. Kriteereihin lukeutuu määritelmä, jonka mukaan jäte lakkaa olemasta jäte, kun se on käynyt läpi hyödyntämisprosessin ja sillä on jälleen käyttötarkoitus, sille löytyy markkinat tai on kysyntää, sen käyttö on laillista ja sen käyttö ei johda haitallisiin ympäristö- tai terveysriskeihin. EoW-menettelyä voidaan soveltaa esimerkiksi jätepuulle, kattohuovalle tai metalleille. (Euroopan unionin komissio 2018)

3.4 Energiahyödyntäminen

Jätteen energiahyödyntämisellä (waste-to-energy, WtE) tarkoitetaan useimmiten jätteenpolttoa. Jätteenpolton avulla on voitu korvata fossiilisia polttoaineita, joita on käytetty yhdistetyssä lämmön- ja sähköntuotannossa. (Jätelaitosyhdistys 2017c) Siirtyminen jätteenpoltoon on ollut Suomessa nopeaa ja suurin osa kapasiteetista on

saatu käyttöön vuoden 2012 jälkeen. Jätteenpolton yleisimmät Suomessa käytetyt tekniikat ovat arinapolttotekniikkaan perustuvat laitokset, kierrätyspolttoaineita pääpolttoaineinaan käyttävät laitokset ja kierrätyspolttoaineita sekä jätettä hyödyntävät rinnakkaispolttolaitokset. Yhdyskuntajätteen kaatopaikkasijoittamistarve on laskenut jätteenpolton lisääntymisen myötä. (Pöyry 2015)

Materiaalihyödyntämisen jälkeen, jätteenpolttoa voidaan pitää parhaimpana vaihtoehtona jätteenkäsittelylle. Viimeisenä vaihtoehtona pidetään jätteen loppusijoittamista kaatopaikalle, koska loppusijoittaminen tuottaa eniten kasvihuonepäästöjä. Jätettä pidetään potentiaalisena vaihtoehtona sähkön- ja lämmöntuotannolle perinteisempiin polttoaineisiin (kuten hiili, kerosiini, maakaasu, polttopuut, eläinten lanta yms.) verrattuna. (Kumar & Samadder 2017) Jätteen energiahyödyntämistä ei voi kuitenkaan pitää lopullisena ratkaisuna, sillä kuluttajat voivat nähdä jätteenpolton ensisijaisena ratkaisuna jätteen käsittelyyn materiaalihyödyntämisen sijasta ja kierrätysaktiivisuus alenee. Yi et al. (2018) vertaili eri energiahyödyntämismenetelmiä, saaden tulokseksi, että kierrätyspolttoaineen energian talteenottopotentiaali yhtä jätetonna kohden oli suurin ja perinteinen jätteenpoltto toiseksi suurin. Kumar ja Samadder (2017) vertaili eri energiahyödyntämismenetelmiä päätyen johtopäätökseen, jonka mukaan kehittyvissä maissa yhdyskuntajätteelle paras vaihtoehto on perinteinen jätteenpoltto. Näin voidaan vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista.

Arinapoltto

Arinapoltto on Suomen yleisin jätteenpolttolaitoksissa käytetty tekniikka. Arinatekniikka soveltuu usean erilaisen jätteen polttoon, eikä syntypaikkalajitellun yhdyskuntajätteen tarkka esikäsittely ole tarpeen. Suurien kappaleiden rikkominen ja suurten metalliesineiden poistaminen riittää. (Jätelaitosyhdistys 2017d) Suomessa seitsemän jätteenpolttolaitosta käyttää arinapolttotekniikkaa: Riihimäki (2), Vantaa, Kotka, Tampere, Vaasa sekä Oulu (Sormunen 2018).

Rinnakkaispolttolaitokset

Rinnakkaispolttolaitoksissa poltetaan kahta eri polttoainetta samassa kattilassa ja ensisijaista polttoainetta kutsutaan pääpolttoaineeksi. Yleisiä pääpolttoaineita ovat kivihiili, turve ja puu. Sen lisäksi osa pääpolttoaineesta voidaan korvata rinnakkaisella

polttoaineella, kuten esimerkiksi kierrätyspolttoaineella, purkupuulla tai pakkausjätteillä. Esimerkiksi turpeen rinnalla voidaan polttaa 10 – 20 % kierrätyspolttoainetta. Rinnakkaispolttolaitoksen polttoprosessi voi periaatteessa toimia millä tahansa tekniikalla, mutta Suomessa yleisin toteutustapa on ollut leijupetikattiloiden tai teollisuuden rumpu-uunien käyttö. (Vesanto et al. 2007)

3.5 Jätteen loppusijoitus

Jollei jätteelle löydetä mahdollisuutta materiaalihyödyntämiseen tai energiahyödyntämiseen, hyödynnetään jätteen loppusijoitusta. Jätteiden loppusijoituksella tarkoitetaan jätteen sijoittamista pysyvästi niille varattuun rajattuun paikkaan, esimerkiksi kaatopaikalle (Tilastokeskus 2018d). Kaatopaikalle sijoitetaan ne jätteet, joita ei voida hyödyntää. Näitä ovat esimerkiksi käsittelyprosessien jäännöksenä syntyviä rejektejä eli käsittelyjäännöksiä. Orgaanisen jätteen sijoittaminen kaatopaikalle on kielletty kaatopaikka-asetuksella (331/2013). Kaatopaikkasijoittamisen vähentäminen on keino vähentää jätehuollosta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä.

Jätteen loppusijoituksessa on huomioitava kaatopaikan rakenteet. Kaatopaikat luokitellaan tavanomaisen jätteen, pysyvän jätteen tai vaarallisen jätteen kaatopaikaksi. Kaatopaikalta edellytettävät rakenteet määrittävät kaatopaikalle sijoitettavan jätteen laadun perusteella. Kaatopaikan maaperän tulee lain mukaan täyttää vedenläpäisevyys- ja paksuusvaatimukset, lisäksi sen on oltava kantava. Pintarakenteisiin liittyviä kerroksia on vähintään neljä: kaasunkeräyskerros, vähintään 0,5 m tiivistyskerros, vähintään 0,5 m kuivatuskerros ja vähintään 1,0 m pintakerros. Tiivistyskerroksen ja kaasunkeräyskerroksen väliin voidaan asettaa keinotekoinen eriste. Tiivistyskerroksen tarkoituksena on estää haitta-aineiden siirtyminen maaperään tai pohjaveteen. (Jätelaitosyhdistys 2017e)

Suljettu kaatopaikka voidaan myös kaivaa auki, tällöin puhutaan nk. ”Landfill mining” –toiminnasta (LFM-toiminta). LFM-toiminnalla haudattua jätettä voidaan yrittää palauttaa materiaalihyötykäyttöön tai energiahyödyntämistä varten. Suljetun kaatopaikan kaivamisen avulla voidaan pienentää paikallisten ja globaalien päästöjen määrää, erityisesti metaanin osalta. Kaatopaikan kaivamisen ja käsittelyn avulla pystytään myös hyödyntämään kaatopaikan kapasiteetti tehokkaammin rakentamalla uusi kaatopaikka nykyisten vaatimusten mukaisesti. (Mönkäre et al. 2016) Perinteisen

LFM-toiminnan rinnalle on esitelty ”Enhanced Landfill Mining” (ELFM-toiminta), jonka tulisi olla perinteistä LFM-toimintaa turvallisempaa ja käyttää uudempia innovaatioita hyväkseen (Jones et al. 2013). Juustin 2018 tekemän gradututkielman mukaan Suomen ja EU:n lainsäädäntö ei estä ELFM- tai LFM- toimintaa, mutta sen aloittamiseksi vaaditaan paljon lupia eikä lainsäädäntö varsinaisesti tue ELFM- tai LFM-toimintaa. ELFM- tai LFM-toiminta ei ole vielä yleistynyt.

4 UUDEN LAJITTELULAITOKSEN SIDOSRYHMÄT

Oulun alueella toimii useita jätehuoltoalan yrityksiä. Kunnallisena toimijana on Kiertokaari Oy. Oulun Energia Oy on Oulun kaupungin omistama osakeyhtiö ja Pohjois-Suomen suurin energiakonserni. Tässä diplomityössä tarkastellaan Kiertokaaren ja Oulun Energian yhteistyötä Oulun Energian investoidessa uutta lajittelulaitosta Kiertokaaren lajitteluareenan yhteyteen. Tässä kappaleessa on kuvattu Kiertokaaren ja Oulun Energian toimintaa, sekä esitelty tarkemmin lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen toimintaa. Viimeiseksi on kuvattu skenaariot, joiden pohjalta tulevaisuuden yhteistyötä on pohdittu.

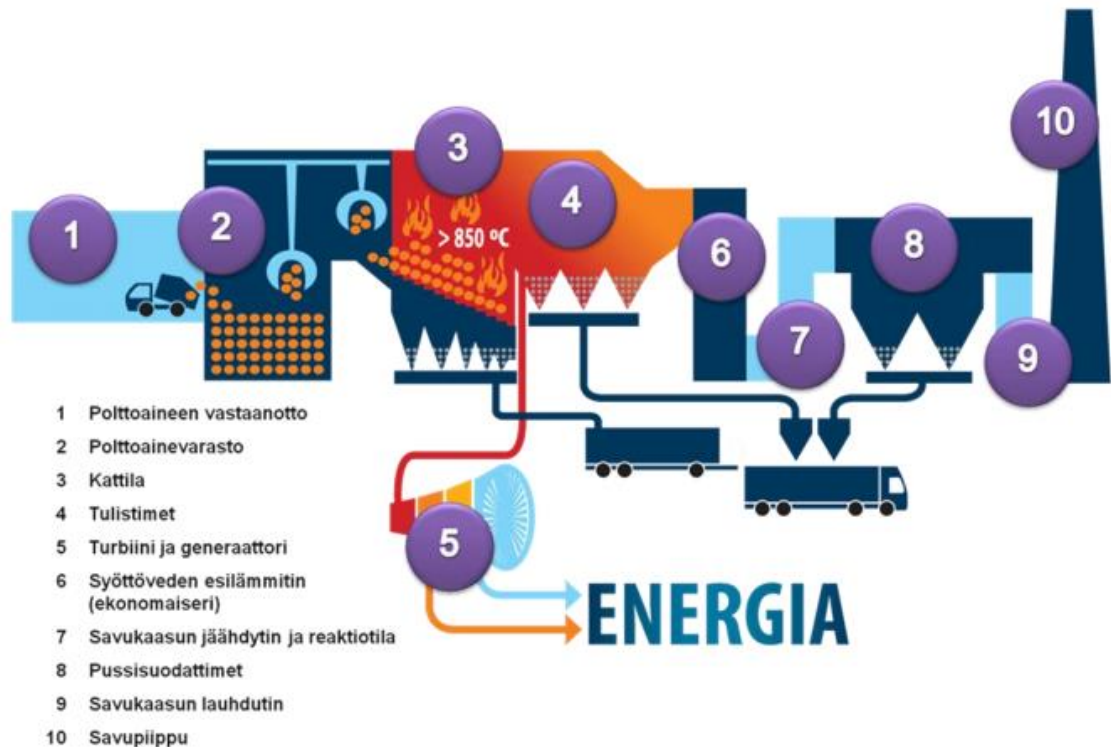
4.1 Kiertokaaren toiminta

Kiertokaari toimii kunnallisena jätehuoltoyhtiönä päästäkseen kestäväan kehityksen ja kiertotalouden tavoitteisiin. Kiertokaari Oy on kunnallinen jäteyhtiö, jonka toimialueeseen kuuluu 13 kuntaa: Oulu, Hailuoto, Ii, Kempele, Lumijoki, Pudasjärvi, Raahe, Siikajoki, Simo, Muhos, Utajärvi, Liminka ja Tyrnävä. Yhtiön osakkaina on kahdeksan kuntaa edellä mainituista. Toiminta-alueeseen kuuluu noin 300 000 asukasta ja 120 000 kotitaloutta. Kiertokaari tarjoaa edellä mainituille kunnille erilaisia jätelaissa kunnalle määritettyjä jätteenhuoltopalveluita ja jätteenkäsittelyä. Niiden lisäksi kunnan jätehuoltoviranomaisena Kiertokaaren velvollisuuksiin kuuluu jäteneuvonnan antaminen ja kuntalaisten opastaminen kierrätyksessä. Kiertokaari vastaanottaa vuosittain noin 170 000 tonnia jätettä, josta Laanilan ekovoimalaitokselle päätyy 70 000 tonnia. Vuonna 2019 Muhos, Utajärvi, Liminka ja Tyrnävä eroavat Kiertokaaren toimialueesta ja Kiertokaaren hoitama jätemäärä pienenee. (Kiertokaari 2018)

4.2 Oulun Energian toiminta

Oulun Energia toimii Oulun alueen suurimpana energian tuottajana, nykyistä toimintaansa laajentaen uuteen biovoimalaitokseen Laanilassa. Tämä biovoimalaitos korvaa tällä hetkellä Toppilassa toimivan Toppila 1 voimalaitoksen. Toimiakseen biovoimalaitos tarvitsee kierrätyspolttoainetta (SRF), jota Oulun Energia suunnittelee keräävänsä valtakunnallisesti, mutta lisäksi myös investoimalla Kiertokaaren lajitteluareenan yhteyteen lajittelulaitoksen. Tämän lajittelulaitoksen on tarkoitus tuottaa kierrätyspolttoainetta Laanilan biovoimalaitoksen tarpeisiin.

Tulevan biovoimalaitoksen lisäksi, Laanilassa toimii myös Laanilan ekovoimalaitos. Ekovoimalaitos käyttää polttoaineena syntypaikkalajiteltua yhdyskunta- ja teollisuusjätettä. Ekovoimalaitos otettiin käyttöön vuonna 2012. Kuvassa 2 on nähtävissä ekovoimalaitoksen toimintakaavio ja sen jokainen vaihe.



Kuva 2. Laanilan ekovoimalaitoksen toimintakaavio. (Lähde: Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu)

Vuosittain ekovoimalaitos voi käyttää noin 150 000 tonnia jätettä, joka on kerätty Oulun ja Pohjois-Suomen alueelta. Ekovoimalaitos tuottaa prosessihöyryä samalla teollisuusalueella sijaitsevien tehtaiden käyttöön sekä energiaa, sähköä ja kaukolämpöä Oulun Energian tarpeisiin. Ekovoimalaitoksen avulla jätteen loppusijoituspaikkojen kuormitus vähenee ja kasvihuonepäästöjen määrä pienenee. Ekovoimalaitoksen teho on 55 MW ja sen polttokattila perustuu arinatekniikkaan. (Oulun Energia 2018a)

4.3 Lajitteluareena ja lajittelulaitos

Ruskon jätekeskuksen alueella toimii jätteiden lajitteluareena, joka on 3145 m² suuruinen katettu betonihallirakennus, jossa vastaanotetaan seka- ja rakennusjätekuormia yrityksiltä ja kotitalouksilta. Lareksi nimetty laitos valmistui vuonna 2012. (Kiertokaari 2018)

Oulun Energia on suunnitellut investoivansa mekaanisen lajittelulaitoksen, jonka tarkoituksena on edistää kiertotaloutta ja tuottaa kierrätyspolttoainetta bio- sekä ekovoimalaitoksen käyttöön Laanilassa. Mekaanisen lajittelulaitoksen paras sijoituspaikka on Ruskon jätekeskuksessa, lajitteluareenan yhteydessä. Jätteen mekaanisen lajittelulaitoksen vuosittainen jätteenkäsittelykapasiteetti on suunniteltu olevan 100 000 tonnia. (Oulun Energia 2018b)

4.3.1 Jätteenkäsittelytoiminta

Lajitteluareena Lare

Ruskon jätekeskuksessa sijaitsevalla lajitteluareena Larella vastaanotetaan seka- ja rakennusjätekuormia. Lajitteluareenan toiminnan tavoitteena on valmistaa polttoainetta jätteenpolttolaitokselle, vähentää kaatopaikalle sijoitettavan orgaanisen jätteen määrää ja edistää jätteen materiaalihyötykäyttöä. Lajitteluareenalla jätteenkäsittely koostuu jätteen lajittelusta sekä mekaanista käsittelyprosesseista. Mekaanisten käsittelyprosessien avulla jätettä käsitellään polttoaineeksi jätteenpolttolaitokselle, talteenotetut materiaalit voidaan myydä jälleen hyödyntäjille ja käsittelyrejekti sijoitetaan kaatopaikalle. Lajitteluareenan yksinkertaistettu jätevirtakaavio on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Lajitteluareena Laren jätevirrat yksinkertaistettuna.

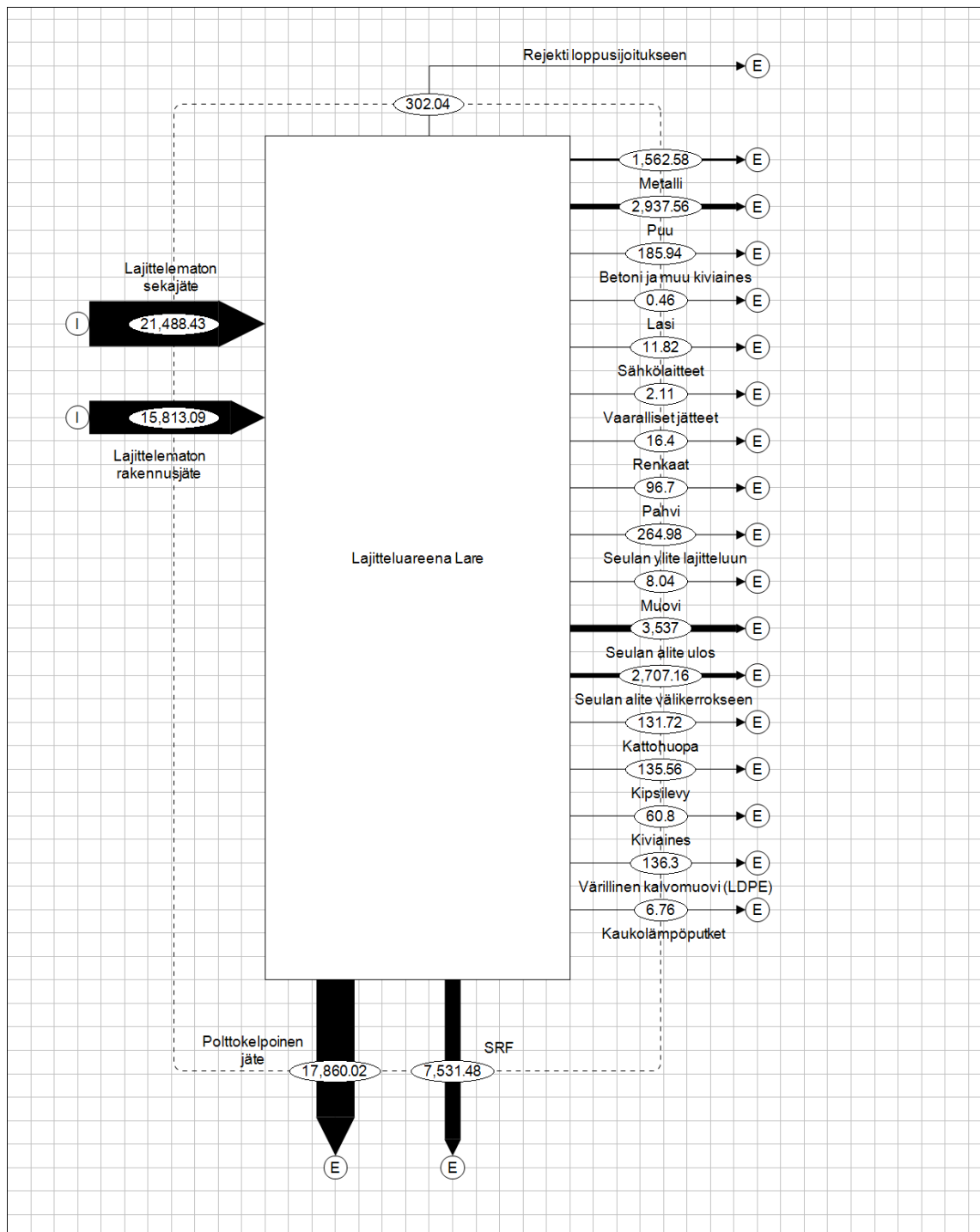
Rakennus- ja sekajäte ovat peräisin yksityisiltä ja yritystuoilta, kaikenlaisista lähteistä. Lajitteluareenalta poistuvat jätevirrat ovat materiaalihyödyntämiseen menevät kierrätysmateriaalien, kappaleessa kolme määritellyn kierrätyspolttoaineen (SRF), polttokelpoisen jätteen ja käsittelyjäännöksenä syntyneen loppusijoitettavan rejektin virrat. SRF viedään edelleen sitä hyödyntäviin polttovoimalaitoksiin, polttokelpoinen

jäte pääsääntöisesti Laanilan ekovoimalaitokselle, kierrätysmateriaalit niitä hyödyntäville toimijoille ja rejekti sijoitetaan kaatopaikalle. Lajitteluareenan kapasiteetti on noin 50 000 tonnia jätettä vuosittain, keskiarvon viime vuosina ollessa 37 000 tonnin paikkeilla.

Lajitteluareenalle jätettä tuodaan kuorma-autoilla ja pientuojien peräkäräykuormina. Kaikki saapuvat jätekuljetukset punnitaan jätekeskuksen vaa’alla. Henkilö- ja kuorma-autoille on varattu omat purkupaikat eri puolilla lajitteluareenaa. Jokaiselta rakennusjätekuormalta tuovalta kuorma-autolta vaaditaan tarkastuspöytäkirja. Lisäksi tuodut jätekuormat tarkastetaan. Kuormien tarkastuksen tavoitteena on estää väärin jätėjakeiden, esimerkiksi sähkö- ja elektroniikkajätteen (SER) ja vaarallisten jätteen, päätyminen lajitteluareenan jätteenkäsittelyalueelle.

Asiakkaat purkavat jätekuormat jätteen vastaanottoalueelle, josta jäte edelleen siirretään pyörökuormaajan avulla käsittelyalueelle. Lajittelu tehdään manuaalisesti ja koneellisesti materiaalinkäsittelykouralla varustettujen kaivinkoneiden ja pyörökuormaajien avulla. Kuljetusta varten on kuorma-auto. Ulkopuolinen urakoitsija on vastuussa lajitteluareenan jätteen lajittelusta ja käsittelystä.

Lajittelussa poistetaan jätteen seasta ensin mahdollinen sähkö- ja elektroniikkajätteen, vaaralliset jätteen sekä materiaalina hyödynnettävät jätėjakeet. Materiaalina hyödynnettävät jätėjakeet, kuten metallit, kiviainekset, pahvi ja puu, lajitellaan erikseen ja kuljetetaan edelleen toimijoille, jotka hyödyntävät ne. Jätteen, jotka eivät sovellu materiaalihyödyntämiseen lajitellaan polttokelpoiseen jätteen. Lajittelun jälkeen kaikki jätėjakeet punnitaan jätekeskuksen vaaka-aseamalla. Kuvassa 4 on tarkempi kuvaus lajitteluareenalle tulevista ja poistuvista materiaali- ja jätteen, siten että kierrätykseen menevät virrat on eritelty.



Kuva 4. Lajitteluareena Laren jätevirtakaavio, jossa on eriteltynä jätejakeet yksityiskohtaisemmin.

Materiaalikierrätykseen menevät virrat ovat kuvassa suoraan oikealle menevät virrat. Alas menevät virrat polttokelpoisesta jätteestä ja SRF:stä kuljetetaan edelleen polttovoimalaitoksiin hyödynnettäväksi energiana. Ylöspäin menevä nuoli kuvaa loppusijoitettavaa rejettiä.

Jätteenlajittelulaitos

Oulun Energian suunnitteleman jätteiden lajittelulaitoksen päätavoitteena on edistää kiertotaloutta. (Oulun Energia 2018b) Toiminnan lähtökohtana on erotella hyödyntämiskelpoiset jakeet lajittelulaitokselle vastaanotettavista jätteistä. Muovijakeet on myös tarkoitus jatkojalostaa uusiomuovien raaka-aineeksi. Laitoksen on tarkoitus toimia jatkuvatoimisesti ympäri vuoden ympärivuorokautisesti ja toiminnan on suunniteltu alkavan kesällä 2020. (Oulun Energia 2017)

Lajittelulaitokselle jäte toimitaan rekka- sekä kuorma-autoilla valtaosin puristettuna ja paalattuna. Kuormat punnitaan autovaa'alla ennen purkua vastaanottoasemalle. Vastaanottoasemalta jäte siirretään pyörökuormaajalla tai kauhakuormaajalla esimurskaukseen. Tarpeen vaatiessa jätteen lajittelu käsin on mahdollista ennen murskausta. Kun jäte on murskattu, se ohjataan kuljettimilla monivaiheiseen lajitteluun. Rakennus- ja purkujätteen tapauksessa jakeet otetaan vastaanottoasemalla vastaan siten, että kuormat jaotellaan kauhakuormaajalla tai käsin eri materiaaleihin jo ennen murskausta. (Oulun Energia 2017)

Lajittelulaitoksessa jätteestä erotellaan kierrätettäväksi ei-magneettisia metalleja (alumiini ja kupari), rautametalleja, muoveja eroteltuna LDPE-, HDPE- ja PP-jakeisiin, sekä muodon perusteella kalvomaisiin ja kappalemaisiiin. Lisäksi erotellaan biojäte hyödynnettäväksi, kierrätyspolttoaineeksi soveltuvat jättejakeet sekä kierrätyskelvoton materiaali, joka hyödynnetään polttoaineena ekovoimalaitoksella. (Oulun Energia 2017)

4.3.2 Mahdolliset skenaariot

Kiertokaaren toimintaympäristö muuttuu huomattavasti Oulun Energian suunnitteleman lajittelulaitoksen toteutuessa. Muutokset ovat huomattavissa, kun Ruskon jätekeskuksen alueelle rakennetaan täysin uusi laitos sekä Kiertokaaren lajitteluareenan toiminta jakautuu tai osittain siirtyy Oulun Energian haltuun. Jotta tulevaa muutosta voitaisiin kontrolloida, tehtiin Kiertokaaren lajitteluareena Larelle kolme erilaista skenaariota tarkasteltavaksi tässä diplomityössä.

Skenaario 0: lajitteluareenan kaikki toiminnot säilyvät kuten tämänhetkisessä tilanteessa, kuitenkin huomioiden hankintalain 10 % ulosmyyntioikeuden.

Skenaario 1A: lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostama kokonaisuus vastaanottaa 60 000 tonnia jätettä vuodessa, josta Kiertokaari ottaa vastaan

- 1) 6 000 tonnia jätettä tai
- 2) 20 000 tonnia jätettä vuodessa

Skenaario 1B: lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostama kokonaisuus vastaanottaa 100 000 tonnia jätettä vuodessa, josta Kiertokaari ottaa vastaan

- 1) 6 000 tonnia jätettä tai
- 2) 20 000 tonnia jätettä vuodessa

Skenaario 2: Kiertokaari ja Oulun Energia perustavat tytäryhtiön, jonka tarkoitus on hoitaa kaikki lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostaman kokonaisuuden toiminnot.

Skenaarioissa on käytetty erilaisia jätemääriä. Skenaariossa 1 käytetty pienempi kokonaisjätemäärä, 60 000 tonnia, valittiin sen ollessa alin mahdollinen määrä, jolla lajittelulaitos voi toimia. Suurempi kokonaisjätemäärä, 100 000 tonnia, on Oulun Energian tekemän arvion mukaan vuosittainen kokonaisjätemäärä. Kiertokaaren vastaanotettavien jätteiden määrät arvioitiin skenaariossa 1. Kiertokaaren arvioitu vastaanotettavien ”peräkäräkuormien” vuosittainen suuruus on 6 000 tonnia, joten se valittiin pienemmäksi vastaanotettavaksi jätemääräksi. Suurempi jätemäärä, 20 000 tonnia valittiin, koska se on noin puolet lajitteluareenan nykyisestä vastaanotettavasta jätemäärästä (37 000 tonnia).

5 TUTKIMUSMENETELMÄT JA -AINEISTOT

Työn kokeellisessa osassa suoritettiin jätteen koostumustutkimus, johon käytettiin lajittelututkimus ja tilastollista tarkastelua. Lisäksi tehtiin jätteen syntypaikkatarkastelu, materiaa livirta-analyysi ja taloudellinen tarkastelu lajitteluareenan toiminnalle. Jätteen koostumustutkimuksen tavoitteena on saada tietoon lajitteluareenalle vastaanotettavan seka- ja rakennusjätteen koostumus. Lajittelututkimuksen ja tilastollisten arvojen yhdistelyn avulla saatiin koottua arvioitu jätteen koostumus lajitteluareenalle vastaanotettavasta jätteestä. Lisäksi tehtiin kartoitus jätteen syntypaikasta ja logistiikasta keskittyen rakennusjätteen tuojiin, sen avulla haluttiin saada selville rakennusjätteen tuojien profiilia, rakennusjätekuormien profiilia ja rakennusjätteen lähteitä. Lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen yhteistoimintaa kuvaava materiaa livirta-analyysi tehtiin käyttäen STAN-ohjelmistoa. Materiaa livirta-analyysin avulla on tarkoitus havainnollistaa lajitteluareenan nykytilanne, sekä tulevat skenaariot Kiertokaaren toimintaympäristössä. Taloudellinen tarkastelu tehtiin lisäämällä tarvittavat taloudelliset virrat materiaa livirta-analyysin kaaviokuvaan.

5.1 Jätteen koostumustutkimus

Lajitteluareena Laren seka- ja rakennusjätteen koostumustutkimus perustuu lajittelututkimuksiin ja vuoden 2017 tilastoihin. Yhdistämällä lajittelututkimuksen tulokset sekä tilastot voidaan määrittää lajitteluareenalle saapuvan jätteen koostumus.

5.1.1 Lajittelututkimukset

Lajittelututkimuksen pohjana on käytetty Suomen Kiertovoima ry:n (KIVO) ent. Jätelaitosyhdistys ry:n (JLY) 31.1.2017 julkaisemaa opasta sekajätteen koostumusmittauksiin. Standardeja CEN/TR 15310-3, CEN/TR 15310-4, SFS-EN 15442 ja SFS-EN 15443 sekä jätelakia 646/2011 on käytetty KIVO:n sekajätteen koostumusmittauksen pohjana. Tämän diplomityön lajittelututkimuksessa on sekajätteen lisäksi lajiteltu myös rakennusjätteeseen kuuluvaa jätettä, joten KIVO:n kokoamaa opasta on vain sovellettu.

Lajittelututkimuksessa tutkittavat jätejakeet selvitettiin aikavälillä 12.6. – 29.6.2018 yksittäisinä päivinä. Lajittelututkimuksen tutkimusmateriaalina käytetään Kiertokaaren lajitteluareenalta ulostulevista jätevirroista (kuvan kolme ulostulevat jätevirrat)

polttokelpoista jätettä, kierrätyspolttoainetta ja rejektiä. KIVO:n opas suosittaa koostumustutkimusmittauksen ajankohtana vältettävän juhlapyyhiä sekä lomakausia.

Polttokelpoisen jätteen, kierrätyspolttoaineen (SRF) ja rejektin koostumus määritettiin lajittelututkimuksella. Kuvassa 3 (s. 31) esitetyssä yksinkertaistetussa jätevirtakaaviossa on nähtävillä lajitteluareenalta pois lähevissä jätevirroissa polttokelpoinen jäte, SRF ja rejekti. Nämä ovat lajittelututkimuksessa jätejakeet, joiden otoksia lajiteltiin. Lajittelututkimuksien avulla oli tarkoitus selvittää, mitä materiaalijakeita eri jätejakeet sisältävät.

Jätejakeiden otokset otettiin satunnaisotannalla jäte-erästä. Yksi otos sisälsi noin puolikkaan kuormalavallisen jätettä (n. 500 kg). Polttokelpoisen jätteen lajittelu suoritettiin ennen jätteen murskaamista, jotta eri materiaalijakeiden tunnistaminen helpottuisi. Lajittelussa jätejakeet lajiteltiin 18 eri materiaalijakeeseen. Otosten lajittelu suoritettiin hallissa 1-2 henkilön toimesta ja yhden jätejakeen lajitteluun ja punnitukseen meni yhteensä aikaa noin 8 tuntia.

Lajittelututkimus suoritettiin kolmen viikon aikana yksittäisinä päivinä viikoilla 24, 25 ja 26. Punnitus suoritettiin käyttäen haarukkavaunuvaakaa, jonka punnitustarkkuus on 0,2 kg, pienemmät materiaalijakeet punnittiin käyttäen pienempikokoista pöytävaakaa, jonka punnitustarkkuus on 0,001 kg. Lajittelujäännöksenä jäi jäljelle hienoaainesta, joka on partikkelikooltaan pientä, halkaisijaltaan alle 50 mm kokoista materiaalia. Liitteestä 1 löytyy tarkempi näytteenottosuunnitelma.

5.1.2 Tilastot

Kiertokaari kerää tilastoja lajitteluareenalle vastaanotettavista ja poislähteivistä jätejakeista. Jokaiselle jätejakeelle on oma tuotenumero, jotta jätejakeet voitaisiin erottaa toisistaan.

Koostumustutkimuksessa lajittelututkimuksen tulokset ja tilastot on yhdistetty käyttäen hyväksi Microsoft Excel –ohjelmistoa. Lajittelututkimuksessa jokaiselle lajiteltavalle jätejakeelle saadut prosentuaaliset osuudet kerrottiin kyseisen jätejakeen tilaston massalla. Tilastojen avulla lasketut massat laskettiin yhteen ja lisättiin puuttuvat, lajittelututkimuksessa havaitsemattomat jätejakeet (kuten LPDE-muovi ja kaukolämpöputket), jolloin saadaan massaksi sama kuin tilastojen mukaan

vastaanotettujen jättejakeiden kokonaismassa. Lajittelututkimuksessa esiintyi myös jättejakeita, joita ei erikseen huomioida tilastollisessa tarkastelussa. Näiden jättejakeiden lajittelututkimuksessa ilmenneet prosentuaaliset osuudet kuitenkin kerrottiin kyseessä olevan jättejakeen massalla, jolloin ne voitiin sisällyttää koostumustutkimuksen kokonaismassaan.

5.2 Jätteen syntypaikka- ja logistiikkatarkastelu

Rakennusjätekuljetusten erilaisia profiileja haluttiin selvittää, sillä tulevaisuudessa Kiertokaari vastaanottaa mahdollisesti ainoastaan yksityisten rakennusjätteen tuojien jätettä lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostamassa kokonaisuudessa. Kiertokaari voi mahdollisesti myös vastaanottaa vain peräkärryllä tuotavia rakennusjätekuormia. Tarkastelun avulla saatiin selkeä näkemys siitä, millaisista lähteistä rakennusjätettä saapuu ja kuka sen toimittaa. Tarkastelu tehtiin Ruskon jätekeskuksen Valokaari vaakarakennuksella aikavälillä 5.6. – 11.6.2018. Rakennusjätekuljetusten tarkastelussa esitettiin rakennusjätteen tuojille neljä kysymystä, ensimmäisenä millaisesta lähteestä rakennusjäte on, vaihtoehtojen ollessa uudisrakentaminen vai saneeraus tai purku – työmaalta. Toisena kysymyksenä rakennusjätteen tuojilta kysyttiin edustaako hän yritystä vai onko hän tuomassa rakennusjätettä yksityishenkilönä. Kolmas kysymys rakennusjätteen tuojille oli, onko jäte tuotu peräkärryllä vai raskaalla kalustolla (esimerkiksi kuorma-autot ja jäteautot). Viimeisenä kysymyksenä rakennusjätteen tuojilta kysyttiin rakennusjätteen tuojan tuoman jätteen massa kilogrammoina. Taulukossa 2 on esitetty tarkasteluun käytetty lomake.

Taulukko 2. Rakennusjätteen syntypaikka- ja logistiikkatarkastelussa käytetty lomake.

Kun tulee asiakas, jolta punnitaan 703							
kysytään alla olevat kysymykset							
Hox. Rivi per asiakas, 1/2/3 raksi ruutuun, 4 numerona							
1.Kysymys		2. Kysymys		3.Kysymys		4.Kysymys	
Uudisrakentaminen	Saneeraus/ Purku	Yritys	Yksityinen	Perä- kärry	Raskas kalusto	Massa [kg]	

Taulukko tulostettiin ja tulokset kerättiin paperiin merkitsemällä. Ensimmäisen, toisen ja kolmannen kysymyksen tapauksessa tulokset merkittiin rastilla, viimeisessä kysymyksessä kuorman massa merkittiin numeerisesti.

5.3 Materiaalivirta-analyysi

Kiertokaaren lajitteluareena Laren toimintaa tarkasteltiin materiaalivirta-analyysin avulla, jotta saadaan selville jätevirtoihin kohdistuva muutos uudessa toimintaympäristössä. Jätevirtojen määrittämiseen käytetään hyväksi materiaalivirta-analyysia.

Materiaalivirta-analyysi (Material Flow Analysis, MFA) on systemaattinen arviointimenetelmä, jonka avulla voidaan tarkastella systeemin materiaalivirtoja ja varastoja. Ohjelmistoa valittaessa on huomioitava, että ohjelmiston käsitteistö on yhdenmukainen materiaalivirta-analyysin kanssa. Datat siirto muista ohjelmistoista

sekä valitusta ohjelmistosta tulisi olla helppoa. Ohjelmiston tulisi mahdollistaa myös haluttujen laskelmien tekeminen. (Cencic & Rechberger 2008)

Materiaalivirta-analyysin tavoitteena on määrittää valitun ajan ja tilan suhteen määritetyn systeemin massatase. Kaikki tarkasteltavaan systeemiin menevät ainevirrat, systeemistä poistuvat ainevirrat sekä varastojen suuruus määritetään. (Brunner & Rechberger 2004) Tutkimuksesta riippuen, materiaalivirta-analyysi voidaan tehdä staattiselle tai dynaamiselle systeemille. Materiaalivirta-analyysia voidaan käyttää useilla eri tutkimuksen aloilla, esimerkiksi lääketieteessä tai jätehuollossa. (Allesch & Brunner 2017)

Materiaalivirta-analyysi jätteidenkäsittelyssä antaa tietoja jätteiden koostumuksesta ja synnystä. Näitä tietoja tarvitaan erityisesti Brunnerin ja Rechbergerin mukaan (2004):

- Tunnistettaessa potentiaalisia kierrätysmahdollisuuksia
- Mahdollistettaessa jätteenkäsittelytekniikan suunnittelu ja huoltaminen, joiden avulla voidaan saavuttaa päästöjen minimointi.
- Ennustettaessa jätteenkäsittelyn päästöjä.
- Tutkittaessa lainsäädännöllisten, logististen ja teknisten toimenpiteiden vaikutusta jätevirroissa.

Materiaalivirta-analyysissa käytettävät käsitteet ovat tarpeellista määrittää, jotta saadut tulokset olisivat luotettavia sekä uusittavissa olevia. Materiaalivirta-analyysissa yleisesti käytettäviä käsitteitä ovat materiaali, virta, varasto, prosessi sekä systeemi. Termillä materiaali voidaan tarkoittaa joko aineita tai tavaroita. Materiaalivirta-analyysissa luodaan graafinen malli, jossa on määriteltynä systeemin raja-alue, materiaalivirrat, prosessit ja varastot. (Brunner & Rechberger 2004) Materiaalivirta-analyysissa käytetään termiä ”virta” kuvaamaan eri prosessien yhdistymistä. Virralle annetaan fysikaalinen yksikkö kuten kilogrammaa sekunnissa (kg/s) tai tonnia vuodessa (t/a). (Brunner & Rechberger 2004) Tässä diplomityössä jätevirtojen yksikkönä käytetään tonnia vuodessa (t/a).

Systeemi on materiaalivirta-analyysin tutkimuksen kohde. Systeemi koostuu materiaalivirroista, prosesseista ja varastoista, sekä se rajataan ajan ja paikan suhteen. Yleisesti käytetty tarkasteltu aika on 1 päivä (d), 1 kuukausi (mo) tai 1 vuosi (a), mutta myös lyhyempiä tai pidempiä tarkasteluvälejä voidaan käyttää. Yleensä systeemin

paikkarajaus on maantieteellinen rajaus, esimerkiksi jätteenpolttolaitos, valtio tai keskimääräinen kotitalous. (Brunner & Rechberger 2004)

Materiaalivirta-analyysin tavoitteena on osoittaa jonkin systeemin massatasapaino. Jotta materiaalivirta-analyysi olisi tuloksiltaan luotettava, kannattaa analyysin vaiheet toteuttaa järjestyksessä. Hendricks et al. (2000) on nimittänyt viisi eri vaihetta materiaalivirta-analyysille:

1. Tavoitteiden ja tutkimuskysymysten määrittäminen
2. Systeemin määrittäminen
3. Datan keräys
4. Tasapainotus ja skenaarioiden rakennus
5. Tulosten arviointi

Materiaalivirta-analyysi aloitetaan tavoitteiden ja tutkimuskysymysten määrittelyllä. Seuraavassa vaiheessa määritellään tarkasteltava systeemi ja piirretään siitä graafinen malli, johon on kuvattu tarkasteltavan systeemin prosessit, virrat ja systeemirajaus eli materiaalivirtojen alku- ja loppupisteet. Taloudellisen tarkastelun tullessa kyseeseen, lisätään materiaalivirta-analyysiin erillinen prosessi. Kolmannessa vaiheessa valitun systeemin data kerätään valitulla datan keräysmenetelmällä, kuten haastatteluiden, kirjallisuuden, tutkimusten ja tilastojen avulla. Neljännessä vaiheessa luodaan ja mallinnetaan tutkittavat skenaariot valitulla ohjelmistolla. Massataselaskennat suoritetaan prosesseille massan säilymislain mukaan, jonka mukaan massa säilyy suljetussa systeemissä muuttumattomana. Tulokset voidaan esittää staattisessa tai dynaamisessa mallissa. Graafisen esityksen avulla malleista saa nopeasti kattavan kokonaiskuvan. Tulosten arvioinnin tarkoituksena on käsitellä saatuja tuloksia objektiivisesti. Tulosten arvioinnissa otetaan huomioon materiaalivirtojen kuormitusmäärät, varastojen merkitys sekä mahdollisuus verrata tuloksia muihin vastaavanlaisiin tutkimuksiin. (Hendricks et al. 2000)

5.3.1 STAN

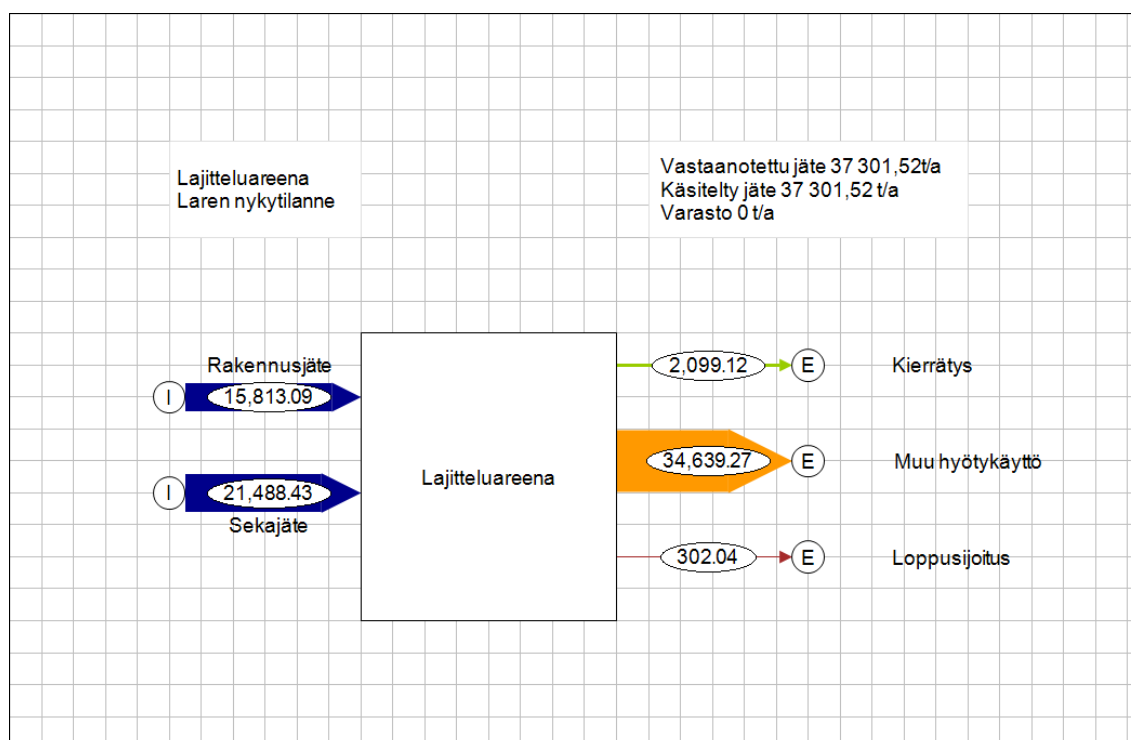
Tämän diplomityön materiaalivirta-analyysin tavoitteena oli saada selville Kiertokaaren kannalta olennaiset jätevirrat lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostaman kokonaisuudessa. Jätevirrat on yksinkertaistettu niin, että niiden avulla Kiertokaari voi tehdä päätöksiä liittyen tulevaan yhteistyöhön Oulun Energian kanssa. Materiaalivirta-

analyysi voidaan suorittaa käyttäen hyväksi tietokoneohjelmistoja, kuten STAN-, Umberto[®]-, GaBi[®]- ja Simbox[®]-ohjelmistot. Tässä diplomityössä käytettiin STAN-ohjelmistoa jätteenkäsittelylaitoksen käsittelytoiminnassa tapahtuvien muutosten ja jätteenkäsittelyn taloudellisen arviointiin.

STAN (subSTance flow ANalysis) on ilmainen materiaalivirta-analyysia varten kehitetty ohjelmisto. Se on kehitetty itävaltalaisen standardin ÖNORM S 2096 (Material Flow Analysis – Application in waste management) mukaan. STAN-ohjelmiston pääideana on yhdistää kaikki tarpeelliset toiminnot materiaalivirta-analyysia varten yhteen ohjelmistoon, kuten graafinen mallinnus, datan käsittely, laskutyökalut ja tulosten graafinen mallinnus. (Cencic & Rechberger 2008)

5.3.2 Jätevirtaskenaariot

STAN-ohjelmistoon tehtiin ensin systeemikuvaus lajitteluareena Laren nykytilanteesta sekä mahdollisista tulevaisuuden skenaarioista. Mallinnettuihin systeemikuvauksiin syötettiin tiedot jätemääristä sekä oletettuihin tulevaisuuden skenaarioihin kustannukset ja tuotot jätetonnina kohti. Kustannuslaskelmat tehtiin käyttäen Microsoft Excel taulukonlaskentaohjelmistoa ja syötettiin STAN-ohjelmistoon erillisinä virtoina. Kuvassa 5 on esitetty lajitteluareena Laren yksinkertaistettu jätevirtakaavio.



Kuva 5. Lajitteluareena Laren nykytilanne.

Kuvassa 5 on nähtävillä lajitteluareenan nykytilanne. Vuonna 2017 lajitteluareenalle vastaanotettiin 37 301 tonnia jätettä. Vasemmalla näkyvät siniset virrat ovat lajitteluareenalle sisäänmeneviä virtoja eli vastaanotettavaa jätettä. Oikealla puolella olevat kolme virtaa ovat lajitteluareenalta ulostulevia virtoja.

Lajitteluareenan toimintaa tarkasteltiin kolmena eri skenaariona, joista kaikista luotiin jätevirtaskenaarit.

Skenaario 0: lajitteluareenan kaikki toiminnot säilyvät kuten tämänhetkisessä tilanteessa, kuitenkin huomioiden hankintalain 10 % ulosmyyntioikeuden.

Skenaario 1A: lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostama kokonaisuus vastaanottaa 60 000 tonnia jätettä vuodessa, josta Kiertokaari ottaa vastaan

- 1) 6 000 tonnia jätettä tai
- 2) 20 000 tonnia jätettä vuodessa

Skenaario 1B: lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostama kokonaisuus vastaanottaa 100 000 tonnia jätettä vuodessa, josta Kiertokaari ottaa vastaan

- 1) 6 000 tonnia jätettä tai
- 2) 20 000 tonnia jätettä vuodessa

Skenaario 2: Kiertokaari ja Oulun Energia perustavat tytäryhtiön, jonka tarkoitus on hoitaa kaikki lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostaman kokonaisuuden toiminnot.

5.4 Taloudellinen tarkastelu

Taloudellinen tarkastelu tehtiin hyödyntäen Microsoft Exceliä ja STANilla luotuja materiaalivirta-analyysikaavioita. Taloudellista tarkastelua varten materiaalivirta-analyysiin lisättiin erillinen prosessi, jotta prosessissa voidaan erottaa jätevirrat ja taloudelliset virrat toisistaan. Jättemäärinä on käytetty vuoden 2017 tilastoa lajitteluareena Laren jättemääristä sekä Kiertokaaren ja Oulun Energian arvioita tulevista jättemääristä.

Lajitteluareenan tuotot muodostuvat tällä hetkellä asiakkailta perittävistä jätemaksuista sekä talteenotettujen materiaalien myynnistä saatavista tuotoista. Kustannukset syntyvät

materiaalien talteenottokustannuksista, jätteenpolton ja loppusijoituksen kustannuksista. Lajitteluareenan investointikustannuksia ovat poistot. Kustannuksia syntyy myös polttokelpoisen jätteen ja kierrätyspolttoaineen murskauksesta, puun haketuksesta, jätejakeiden kuljetuksista joko hyötykäyttöön tai loppusijoitusalueelle.

Uudessa tilanteessa tuotot syntyvät edelleen asiakkailta perittävistä jätemaksuista. Kustannuksia olisivat materiaalien talteenottokustannukset ja lajittelulaitoksen porttimaksu. Kustannuksiin lukeutuisivat poistot ja henkilöstökulut, tuottoihin voidaan kirjata rakennuksen vuokra sekä punnituspalveluista saatavat tulot.

Kiertokaaren vastaanottohinta seka- ja rakennusjätteelle oli 139,81 €/t vuonna 2018. Eri materiaalien (alite, kipsilevy, kattuhuopa ja eristeaineet) käsittelykustannuksia ja niistä saatavia tuottoja ei ole eritelty salassapitovelvollisuuden vuoksi.

Laskelmissa olevien ”muut jätteet” –jätevirran jokaiselle materiaalille (kipsilevy, kattuhuopa ja eristeaineet) on oma hintansa. Materiaalien määrät ja prosentuaaliset osuudet uudessa tilanteessa on otettu jätteen koostumustutkimuksen tuloksista. Alitteen määrä 15 % on arvioitu Oulun Energian lajittelulaitoksen suunnitelmassa annetusta ”seulonnan alite hienoaines” prosentuaalisesta osuudesta. Oulun Energian suunnitelmassa lajittelulaitoksella syntyvän seulonnan alitteen määräksi on arvioitu 10–24 % (Oulun Energia 2018b).

6 TUTKIMUSTULOKSET

Diplomityön tuloksena saatiin tietoa Kiertokaaren lajitteluareena Laren vastaanotettavan jätteen koostumuksesta yhdistämällä lajittelututkimuksen ja lajitteluareenan talteenotettujen materiaalien tilastoja vuodelta 2017. Lisäksi saatiin tietoa rakennusjätteen tuojista tekemällä jätteen syntypaikka- ja logistiikkatarkastelu. Saatua tietoa hyödynnettiin eri toimintamalleille, joiden avulla hahmoteltiin Kiertokaaren tulevaa toimintaympäristöä Oulun Energian kanssa.

6.1 Jätteen koostumustutkimus

Lajitteluareena Laren jätteenkäsittelyssä syntyvien lopputuotteiden koostumus määritettiin polttokelpoisen jätteen, kierrätyspolttoaineen (SRF) ja loppusijoitettavan rejektin osalta lajittelututkimuksella. Lajitteluareenalle vastaanotettavan jätteen koostumus voitiin arvioida laskennallisesti lajittelututkimuksen ulostulevien jätevirtojen ja lajitteluareenalla talteenotettujen materiaalivirtojen perusteella.

Lajittelututkimus tehtiin yhdestä polttokelpoisen jätteen, yhdestä kierrätyspolttoaineen ja yhdestä loppusijoitettavan rejektin otoksesta. Otokset otettiin lajitteluareenalta ulostulevista jätevirroista eli lopputuotteista. Kuvassa 3 on nähtävissä lajitteluareenalta poislätevät jätevirrat, joiden polttokelpoisen jätteen, SRF:n ja loppusijoitettavan rejektin otoksista lajittelututkimus on tehty.

6.1.1 Lajittelututkimus

Polttokelpoinen jäte

Polttokelpoisen jätteen suurimmat materiaalijakeet lajittelututkimuksen perusteella olivat muovi, PVC-muovi, käsitelty puu sekä suuret kappaleet. Suuria kappaleita oli otoksessa erittäin paljon, sisältäen mm. patjoja kuten kuvasta 6 voidaan nähdä.



Kuva 6. Lajittelematonta polttokelpoista jätettä.

Sähkö- ja elektroniikkajätettä (SER) ja vaarallista jätettä oli lajitellussa otoksessa vähän. Taulukossa 3 on esitelty polttokelpoisen jätteen lajittelututkimuksen tulokset.

Taulukko 3. Polttokelpoisen jätteen lajittelututkimuksen tulokset.

Jätejake	[kg]	Osuus
PVC	145,8	17,97 %
Muovi *	135,4	16,69 %
Käsitelty puu *	128	15,78 %
Isot kappaleet *	109,6	13,51 %
Tekstiili *	76	9,37 %
Hienoaines **	42,6	5,25 %
Sekalainen jäte (kattohuopa)	41,2	5,08 %
Käsittelemätön puu *	38,8	4,78 %
Pahvi *	35,4	4,36 %
Paperi *	26,2	3,23 %
Metalli	13,96	1,72 %
Kipsilevy	4,72	0,58 %
SER	4,4	0,54 %
Bio- ja puutarhajäte *	3,9	0,48 %
Uretaani	3,44	0,42 %
Eristevilla	1,1	0,14 %
Kiviainekset	0,66	0,08 %
Lasi	0,06	0,01 %
Vaarallinen jäte	0,04	0,00 %
Yhteensä	811,28	100,00 %

* = polttokelpoinen materiaali

** = osittain polttokelpoinen materiaali

Polttokelpoisiksi materiaaleiksi luokitellaan puujätteet, muovit, pahvit, paperit, tekstiilit, isot kappaleet, bio- ja puutarhajäte sekä kumi. Lajittelututkimuksen perusteella polttokelpoisten materiaalien osuus polttokelpoisesta jätteestä on noin 70 %. Murskauksen yhteydessä polttokelpoisesta jätteestä poistetaan magneettiset metallit, joten jätteenpolttolaitokselle toimitettava jae ei sisällä magneettisia metalleja.

PVC-muovin määrä lajitellussa otoksessa oli huomattava. PVC-muovin energiahyödyntäminen on mahdollista, mutta sitä rajoittaa muovista vapautuvan kloorin määrä. (Poropudas 2011). Vapautunut kloori muodostaa yhdessä vedyn kanssa ympäristölle haitallisia HCl-päästöjä. (Vekemans et al. 2016)

SRF

Lajittelututkimuksen perusteella kierrätyspolttoaineen eli SRF:n suurimmat materiaali-jakeet olivat muovi, puu, paperi sekä pahvi. Lajiteltu otos sisälsi näitä noin 85 %. SRF:n vaaditut ominaisuudet on kirjattu standardiin SFS-EN 15359 ja jätteen täytyy täyttää nämä vaatimukset ollakseen kierrätyspolttoainetta (esitetty kappaleessa 3.1.3). Standardin mukaan SRF valmistetaan tavanomaisesta jätteestä eli yhdyskuntajätteestä, tuotannon jätteestä, teollisuusjätteestä, kaupan jätteestä, rakennus- tai purkujätteestä ja jätevesilietteestä. Koostumuksessa voidaan käyttää yhden tai useamman lähteen jätettä. (SFS-EN 15359 2011) Kuvassa 7 on lajittelututkimuksessa käytettyä SRF.



Kuva 7. Lajittelemattoman kierrätyspolttoaineen otos.

Kuvassa on lajittelematonta SRF:n otosta, josta voidaan jo silmämääräisesti huomioda otoksen sisältävän runsaasti polttoon soveltuvia materiaali-jakeita. SRF:n standardi määrittelee, ettei polttoaine saa sisältää lainkaan vaarallisia jätteitä ja lajittelututkimuksen otoksessa niitä ei ollut. Taulukossa 4 on esitetty kierrätyspolttoaineen lajittelututkimuksen tulokset.

Taulukko 4. SRF:n lajittelututkimuksen tulokset.

Jätejake	[kg]	Osuus
Muovi	59,6	29,40 %
Pahvi	40,3	19,88 %
Käsitelty puu	38,54	19,01 %
Paperi	26,8	13,22 %
Tekstiili	12,74	6,28 %
Käsitlemätön puu	7,46	3,68 %
Kipsilevy	6,04	2,98 %
Eristevilla	3	1,48 %
Metalli	2	0,99 %
Hienoaines	1,5	0,74 %
Sekalainen jäte	1,48	0,73 %
SER	1,1	0,54 %
Kiviainekset	0,86	0,42 %
PVC	0,73	0,36 %
Bio- ja puutarhajäte	0,4	0,20 %
Lasi	0,18	0,09 %
Yhteensä	202,73	100,00 %

SRF:n ei tulisi sisältää PVC-muovia, sillä sen sisältämä kloori vaikeuttaa energiahyötykäyttöä. Kloorin vapautuessa se muodostaa vedyn kanssa ympäristölle haitallisia HCl-päästöjä (Vekemans et al. 2016). Polttoon soveltuvia jätejakeita oli lajittelututkimuksen perusteella yli 90 % otoksesta.

Loppusijoitettava rejekti

Lajittelututkimuksen mukaan loppusijoitettavan rejektin suurimmat materiaali- ja jätteet ovat mineraalivillat, lasivilla ja hienoaines. Näiden yhteenlaskettu osuus rejektissä on noin 65 %. Eristevillojen hyötykäyttö materiaalina on vaikeaa. Eristevilloja ei voida hyödyntää energiana, joten niiden loppusijoituspaikka on kaatopaikka. Kuvassa 8 voidaan selkeästi nähdä jätessä olevaa tuotua jätettä lajittelemattoman rejektin joukossa.



Kuva 8. Lajittelematonta rejektiä.

Rejektin mukana päätyy loppusijoitettavaksi kaatopaikalle myös hyödynnettävää materiaalia, koska täydellinen materiaalien erottelu on hyvin hankalaa. Esimerkiksi eristevillat tuodaan usein pakattuna joko alkuperäisiin pakkausmuoveihin tai jätessäkkeihin, jolloin eristevillojen pakkausmuovia päätyy myös loppusijoitettavaksi. Taulukossa 5 on esitetty loppusijoitettavan rejektin lajittelututkimuksen tulokset.

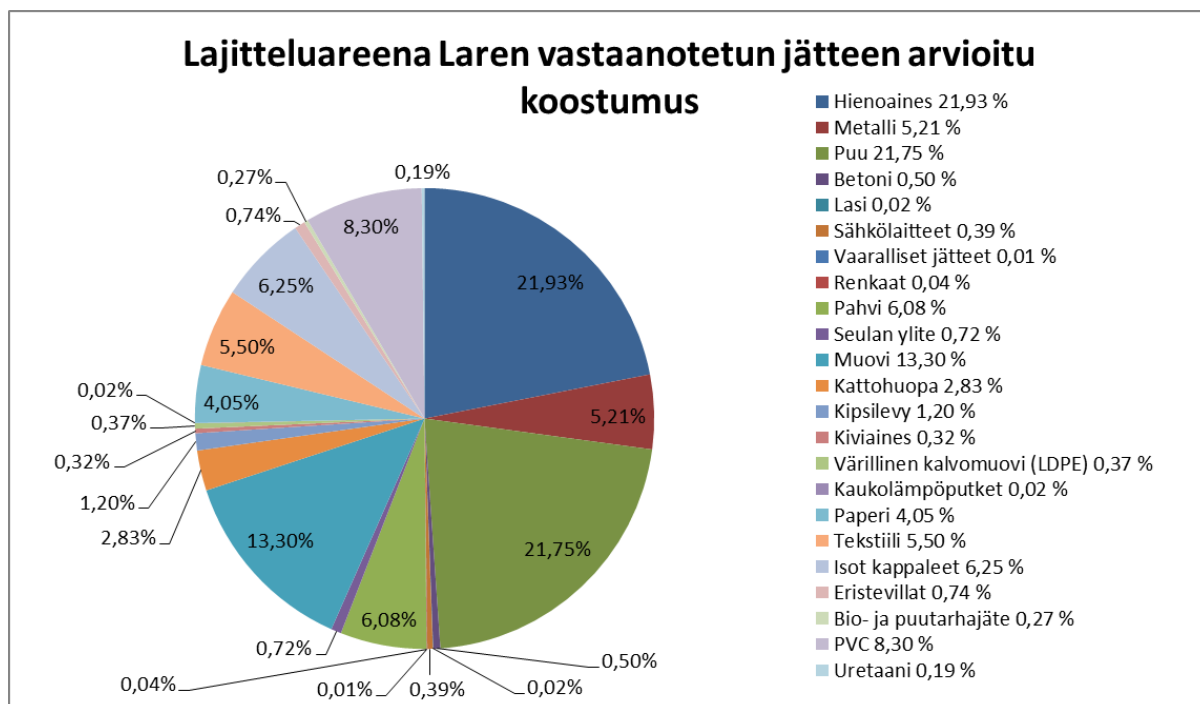
Taulukko 5. Loppusijoitettavan rejektin lajittelututkimuksen tulokset.

Jätejae	[kg]	Osuus
Mineraalivilla	83,4	28,99 %
Lasivilla	57,4	19,95 %
Hienoaines	39	13,56 %
Isot kappaleet	22	7,65 %
Käsitelty puu	21,8	7,58 %
Paperi	16,6	5,77 %
Kiviainekset	12,4	4,31 %
Pahvi	6,6	2,29 %
Metalli	6,4	2,22 %
Muovi	6,2	2,16 %
Bio- ja puutarhajäte	5,2	1,81 %
Käsittelemätön puu	3,6	1,25 %
Tekstiili	3,42	1,19 %
Sekalainen jäte	2,6	0,90 %
SER	0,43	0,15 %
Kipsilevy	0,41	0,14 %
PVC	0,2	0,07 %
Yhteensä	287,66	100,00 %

Rejektinä lajitteluareenalta ulostulevan jätevirran orgaanisten aineiden määrän tulisi jäädä alle 10 %, jotta rejekti täyttäisi kaatopaikkakelpoisuusvaatimukset. Orgaanisia aineita ovat puu, paperi, bio- ja puutarhajäte, muovi ja pahvi. Niiden osuus lajitellussa otoksessa on 53 %. Lajittelututkimuksen rejektin ulostulevan jätevirran orgaanisten aineiden määrä ylittää kuitenkin 10 % koko rejektin määrästä, joten tämä otos ei ole kaatopaikkakelpoinen. Lajitellussa otoksessa ei havaittu lainkaan vaarallisia jätteitä. Lisäksi sähkö- ja elektroniikkajätettä (SER) oli hyvin vähän. Myös kipsilevyn osuus otoksessa oli hyvin pieni.

6.1.2 Lajitteluareenalle vastaanotettavan jätteen koostumus

Lajitteluareena Larella vastaanotettavan jätteen eli sisääntulevien jätevirtojen (kuvassa 3 virrat sekajäte ja rakennusjäte) koostumus arvioitiin laskennallisesti hyödyntäen lajittelututkimusten ulostulevien jätevirtojen (kuvassa 3 virrat SRF, polttokelpoinen jäte sekä rejekti) otoksien tuloksia ja talteenotettavien materiaaliyhteisöjen tilastojen perusteella. Sekajätteen ja rakennusjätteen koostumus arvioitiin yhtenä jätevirtana, koska lajitteluareenalle jätevirrat ovat sekoittuneet keskenään eikä niitä erotella. Kuvassa 9 on esitetty vastaanotettavan jätteen arvioitu koostumus, kun lajittelututkimuksesta ja tilastoista saatu data on yhdistetty.



Kuva 9. Lajitteluareena Laren vastaanotettavan jätteen arvioitu koostumus.

Hienoainesta ja puuta vastaanotetaan tulosten mukaan runsaimmin, hienoainesta 21,93 % kaikesta vastaanotetusta jätteestä ja puuta 21,75 %. Yli kymmenen prosentin yltää myös muovi (13,30 % kaikesta vastaanotetusta jätteestä). Vastaanotettavassa jätteessä esiintyy arvioidun koostumuksen perusteella enemmän myös PVC:tä (8,30 %), isoja kappaleita (6,25 %), pahvia (6,08 %), tekstiiliä (5,50 %), metallia (5,21 %) ja paperia (4,05 %) kuin kaikista pienimpiä jätejakeita.

6.2 Jätteen syntypaikka- ja logistiikkatarkastelu

Ruskon jätekeskukseen saapuvat erilaiset jätekuormat punnitaan autovaa'an avulla. Lajitteluareena Larelle tuotavan rakennusjätteen osalta tehtiin tarkastelu viiden arkipäivän aikana 5.6. – 11.6.2018. Tuolloin rakennusjätettä tuovien kuormien lukumäärä oli 43 kappaletta. Kyselytutkimuksessa selvitettiin tulevan jätteen syntypaikka: uudisrakennustyömaa tai saneeraus ja purkutyömaa, oliko jätteen tuoja yritys vai yksityinen henkilö, tuotiinko jäte peräkärryllä vai nk. ”raskasta kalustoa” hyödyntäen. Viimeinen kysyttävä asia oli rakennusjätteen massa. Kuormien massan vaihteluväli 6680 kg. Kuormien massojen keskiarvo on 1680 kg. Taulukossa 6 on kootusti rakennusjätekuormien selvityksen lopputulokset.

Taulukko 6. Rakennusjätekuormien selvityksen tulokset kootusti.

		Lukumäärä	osuus [%]	Kuorman massan ka. [kg]	osuus kokonaismassasta [%]
1.kysymys	Uudisrakennus	13	30	1411,54	25
	Purku- ja saneeraus	31	70	1739,03	75
2.kysymys	Yritys	33	77	2045,76	94
	Yksityinen	10	23	432,00	6
3.kysymys	Peräkärry	16	37	248,13	6
	Raskas kalusto	27	63	2513,33	94

Taulukossa on jaoteltu kolme kysymystä, jotka rakennusjätekuormien tuojille on esitetty, seuraavassa sarakkeessa on jokaiselle kysymykselle kaksi vastausvaihtoehtoa. Kolmannessa sarakkeessa on ilmoitettu selvityksessä ilmi tulleiden kuormien lukumäärä ja neljännessä sarakkeessa prosentteina kuormien osuus kaikista selvityksen aikana tarkastelluista kuormista. Viidennessä sarakkeessa on ilmaistu kuormien massan keskiarvo ja kuudennessa sarakkeessa prosentteina kuormien massan osuus kokonaismassasta.

Ensimmäisessä kysymyksessä haluttiin tietää, millaiselta työmaalta rakennusjätekuorma on saapunut. Suurin osa kuormista, 31 kappaletta eli 70 %, tuotiin purku- ja saneeraustyömaalta, niiltä tuotujen kuormien massojen keskiarvo on suurempi kuin uudisrakennuksilta tuotujen kuormien massojen keskiarvo. Tarkasteltaessa prosenttiosuuksia kokonaismassan suhteen, huomataan edelleen suurimman osan kuormista, 75 %, tulleen purku- ja saneeraustyömailta. Uudisrakennustyömailta pyritään vähäiseen materiaalihävikkiin ja se voi selittää uudisrakennustyömailta tuodun jätteen

alemman prosenttiosuuden kokonaismassasta. Yksi tutkimuksen aikana tuoduista kuormista sisälsi rakennusjätettä sekä purku- ja saneeraustyömaalta että uudisrakennustyömaalta.

Toisessa kysymyksessä haluttiin tietää rakennusjätekuormien tuoja eli onko rakennusjätettä tuonut yritys vai yksityinen tuoja. Lukumäärältään enemmän rakennusjätettä toivat yrityksen edustajat, 33 kuormaa eli 77 % kaikista kuormista, yksityisten tuojien osuuden ollessa 10 kuormaa eli 23 % kaikista kuormista. Tuloksista huomataan, että yksityisten tuomien kuormien massan keskiarvo on huomattavasti pienempi kuin yritysten tuomien kuormien massan keskiarvo. Tärkein rakennusjätekuormien selvityksessä ilmennyt asia oli, että painon suhteen katsottuna vain 6 % kaikesta selvityksen rakennusjättemassasta oli yksityisten tuojien tuomaa, kun taas yritykset vastasivat 94 % tuodusta rakennusjätteen massasta.

Kolmannessa kysymyksessä haluttiin tietää rakennusjätteen tuontitapa eli onko kuorma tuotu käyttäen peräkärryä vai raskasta kalustoa. Selvityksen tuloksista käy ilmi, että raskasta kalustoa on käytetty enemmän, 27 kuormaa eli 63 % kuormista on tuotu käyttäen raskasta kalustoa. Peräkärryllä tuotuja kuormia oli 16 kuormaa eli 37 % kaikista kuormista. Tuloksista huomataan, että peräkärryllä tuotujen kuormien massan keskiarvo on huomattavasti pienempi kuin raskaalla kalustolla tuotujen kuormien massan keskiarvo. Kokonaismassaan suhteutettuna 94 % kaikista kuormista tuotiin käyttäen raskasta kalustoa, kun taas peräkärryllä tuotiin vain 6 % kaikista kuormista.

6.3 MFA ja taloudellinen tarkastelu

Kiertokaaren ja Oulun Energian tulee tehdä yhteistyösopimus lajitteluareena Laren vuokrauksesta ja toimintojen jakautumisesta. Lajittelututkimuksen ja rakennusjätekuormien selvityksen tulokset auttavat muodostamaan selkeän kuvan lajitteluareenan nykyisestä toiminnasta. Tuloksia voidaan hyödyntää lajitteluareenan jatkon kehittämisessä. Skenaarioiden materiaalivirta-analyysillä ja taloudellisella tarkastelulla havainnollistetaan Kiertokaaren toimintaympäristön tulevaisuus.

Skenaario 0: lajitteluareenan kaikki toiminnot säilyvät kuten tämänhetkisessä tilanteessa, kuitenkin huomioiden hankintalain 10 % ulosmyyntioikeuden.

Skenaario 1A: lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostama kokonaisuus vastaanottaa 60 000 tonnia jätettä vuodessa, josta Kiertokaari ottaa vastaan

- 1) 6 000 tonnia jätettä tai
- 2) 20 000 tonnia jätettä vuodessa

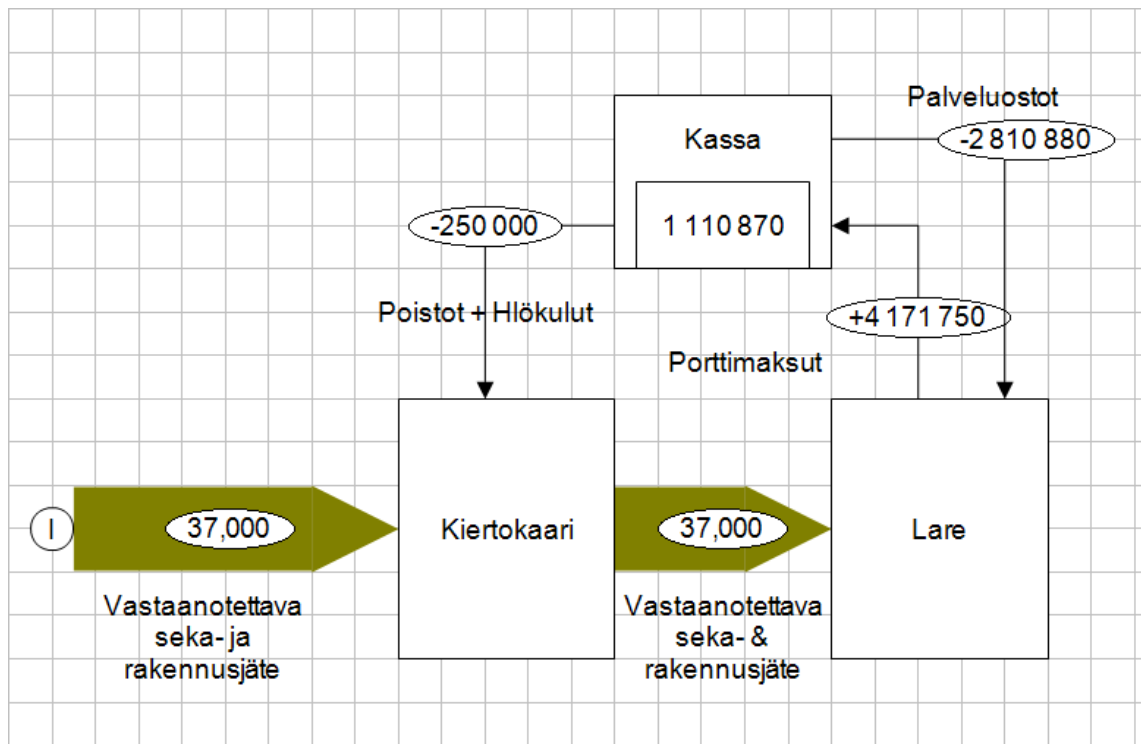
Skenaario 1B: lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostama kokonaisuus vastaanottaa 100 000 tonnia jätettä vuodessa, josta Kiertokaari ottaa vastaan

- 1) 6 000 tonnia jätettä tai
- 2) 20 000 tonnia jätettä vuodessa

Skenaario 2: Kiertokaari ja Oulun Energia perustavat tytäryhtiön, jonka tarkoitus on hoitaa kaikki lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostaman kokonaisuuden toiminnot.

6.3.1 Skenaario 0

Ensimmäisessä skenaariossa Oulun Energia ei investoi lajittelulaitosta Ruskon jätekeskukseen ja lajitteluareenan toiminta säilyy ennallaan. Hankintalain muutoksen edellyttämä 10 % ulosmyyntioikeus vaikuttaa koko Kiertokaaren toimintaan, mutta lajitteluareenan tulot pysyvät ennallaan tässä skenaariossa. Skenaarion materiaali- ja rahavirrat on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Skenaario 0, jossa lajittelulaitosta ei investoida.

Kuvassa 10 esitetty tilanne vastaa nykytilannetta, jossa jätettä vastaanotetaan 37 000 tonnia vuosittain. Kassaan jää 1 110 870 euroa. Skenaariot 1A ja 1B tapauksissa, kassaan tulisi jäädä vähintään sama määrä, jotta toiminta voidaan pitää kannattavana.

6.3.2 Skenaario 1A ja 1B

Skenaariot 1A ja 1B, joissa lajittelulaitos investoidaan, sisältää useita eri vaihtoehtoja. Alla on kuvattu neljä eri vaihtoehtoa, miten jätteen vastaanotto tapahtuisi. Kiertokaari ja Oulun Energia kumpikin vastaanottaisivat jätettä, Kiertokaari lajitteluareenan ja Oulun Energia lajittelulaitoksen kautta. Lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostaman kokonaisuuden alite ja materiaalivirtakaavioissa nk. ”muut” eli kipsilevy, kattuhuopa ja eristeaine toimitettaisiin jatkokäsittelyä varten takaisin Kiertokaarelle.

Taloudellisessa tarkastelussa otettiin edellisten lisäksi huomioon lajittelulaitokselle kaksi erisuuruista Oulun Energian asettamaa porttimaksua, halvempaa 70 €/t ja kalliimpaa 95 €/t. Porttimaksut arvioitiin nykyisten Kiertokaaren ja Oulun Energian välisten sopimusten perusteella. Skenaariossa 1A ja 1B on kummassakin kahdeksan vaihtoehtoa. Taulukossa 7 on esitetty eri skenaariot.

Taulukko 7. Lajitteluareenan eri skenaarioiden taloudellinen tarkastelu.

		Kiertokaaren vastaanottama jätemäärä	
Jätteen kokonaismäärä	Lajittelulaitoksen porttimaksu	6 000 t jätemäärän tuottama liikevoitto	20 000 t jätemäärän tuottama liikevoitto
60 000t	70 €/t	675 160 €	1 273 660 €
	95 €/t	525 160 €	773 660 €
100 000t	70 €/t	967 600 €	1 566 100 €
	95 €/t	817 600 €	1 066 100 €

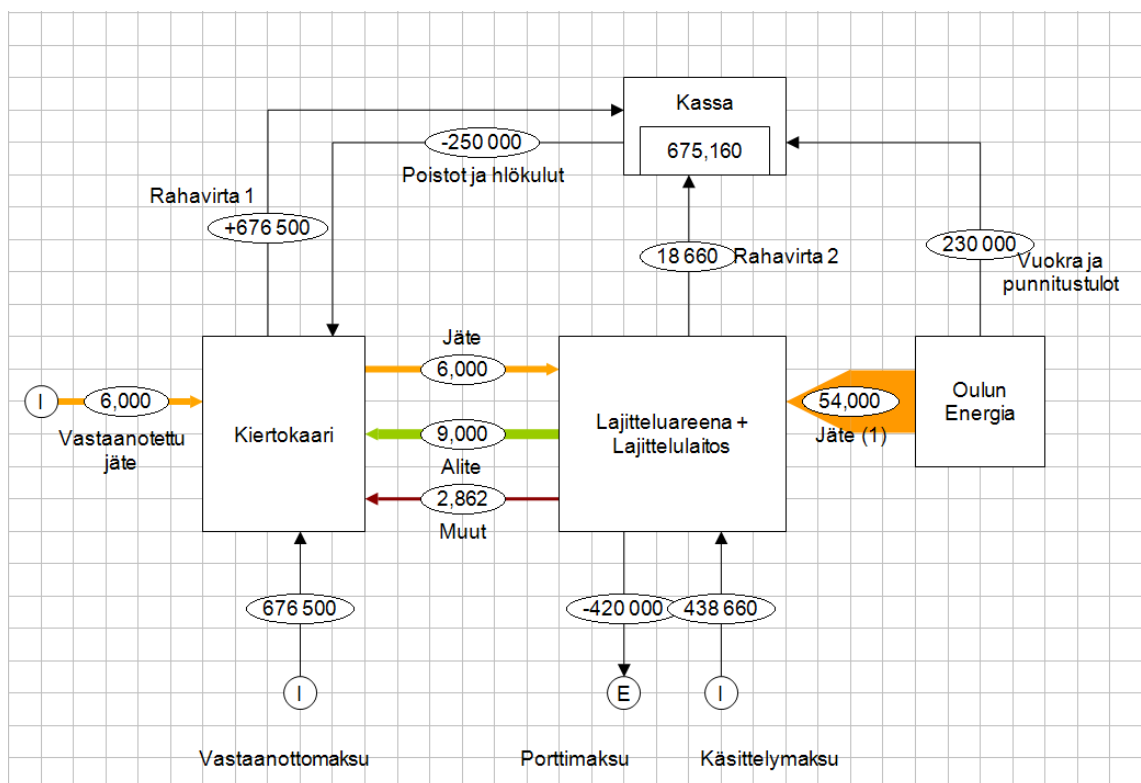
Taulukossa 7 on esitetty mahdollisten skenaarioiden lajitteluareena Larelle tuottama liikevoitto. Ensimmäisessä sarakkeessa on ilmaistu jätteen kokonaismäärä, tarkoittaen lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostaman kokonaisuuden vuosittaista vastaanotettua jätemäärää. Toisessa sarakkeessa on lajittelulaitoksen porttimaksu, jolle on annettu aiempien sopimusten pohjalta kaksi eri hintaa, halvempi 70 €/t ja kalliimpi 95 €/t. Porttimaksuun sisältyy jätteen vastaanotto ja käsittely. Materiaalivirtakaavioissa virta on nimellä ”porttimaksu”. Kolmannessa sarakkeessa on ilmaistu Kiertokaaren lajitteluareenan saama liikevoitto tapauksessa, jossa lajitteluareenalle vastaanotetaan 6 000 tonnia jätettä vuosittain. Neljännessä sarakkeessa on ilmaistu Kiertokaaren lajitteluareenan saama liikevoitto tapauksessa, jossa lajitteluareenalle vastaanotetaan 20 000 tonnia jätettä vuosittain. Tuloksista voidaan suoraan nähdä, että Kiertokaaren kannalta suuremman jätemäärän vastaanottaminen lajitteluareenalla on tuottavampaa kuin pienemmän jätemäärän vastaanotto. Suurin tulos saadaan, kun vastaanotettu kokonaisjätemäärä on 100 000 tonnia jätettä, josta Kiertokaari vastaanottaa 20 000 tonnia jätettä sellaisessa tilanteessa, kun lajittelulaitoksen käsittely- ja porttimaksu on pienempi.

Alla on esitetty taulukon kuusi eri vaihtoehtoa materiaalivirtakaavioina. Rahavirrat on ilmaistu pystysuorina mustina virtoina ja jätevirrat vaakasuorina virtoina. Kiertokaari saa vastaanottamastaan jätteestä vastaanottomaksua, joka on rahavirroista ensimmäinen. Kiertokaarelle aiheutuu kuitenkin henkilöstökuluja sekä vuosittaisia poistoja. Lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostavalta kokonaisuudelta Kiertokaari saa tuottona alitteen ja muun jätteen eli kipsilevyjen, kattuhuovan ja eristysaineiden käsittelymaksut, menoina on lajittelulaitoksen porttimaksu, tästä syntyy rahavirta kaksi. Lisäksi Kiertokaari saa suoraa tuloa Oulun Energialta lajitteluareenan vuokrasta ja punnitustuloista.

Skenaario 1A: lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostama kokonaisuus vastaanottaa 60 000 tonnia jätettä vuodessa, josta Kiertokaari ottaa vastaan

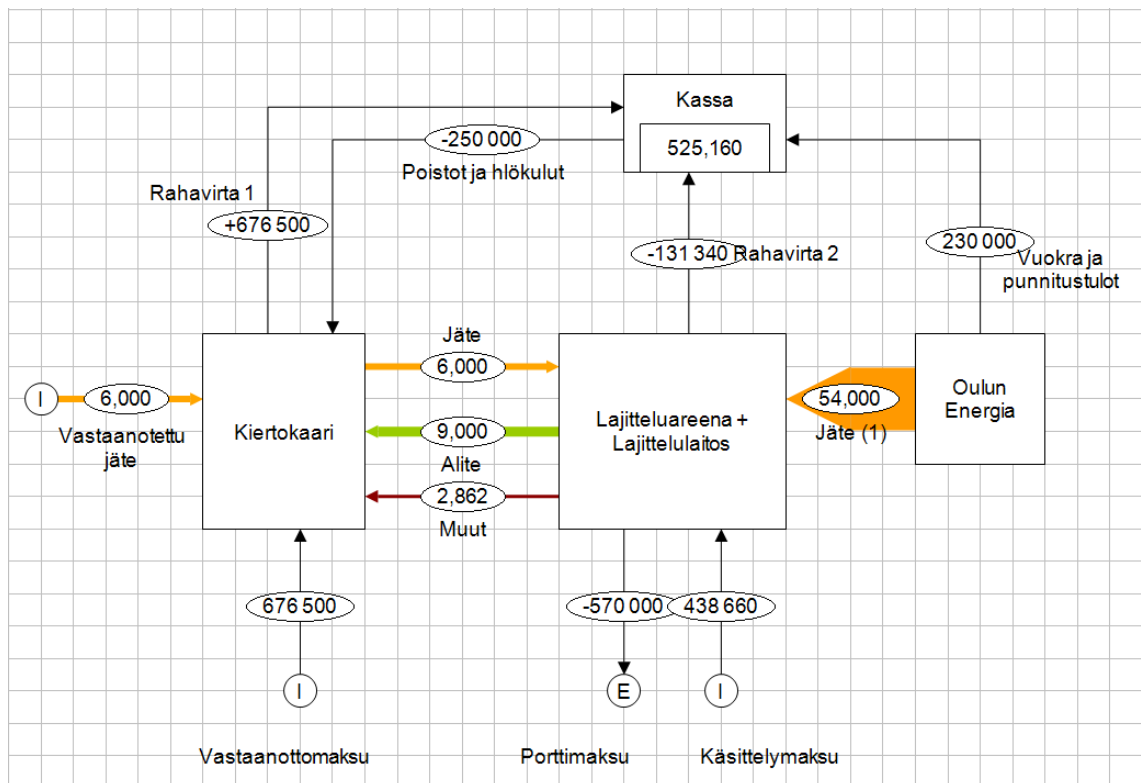
- 1) 6 000 tonnia jätettä tai
- 2) 20 000 tonnia jätettä vuodessa

Kuvassa 11 on esitetty skenaarion 1A.1, jossa jätettä vastaanotetaan kokonaisuudessaan 60 000 tonnia vuosittain ja Kiertokaari vastaanottaa 6 000 tonnia jätettä vuosittain, Oulun Energia vastaanottaa näin ollen 54 000 tonnia jätettä vuosittain.



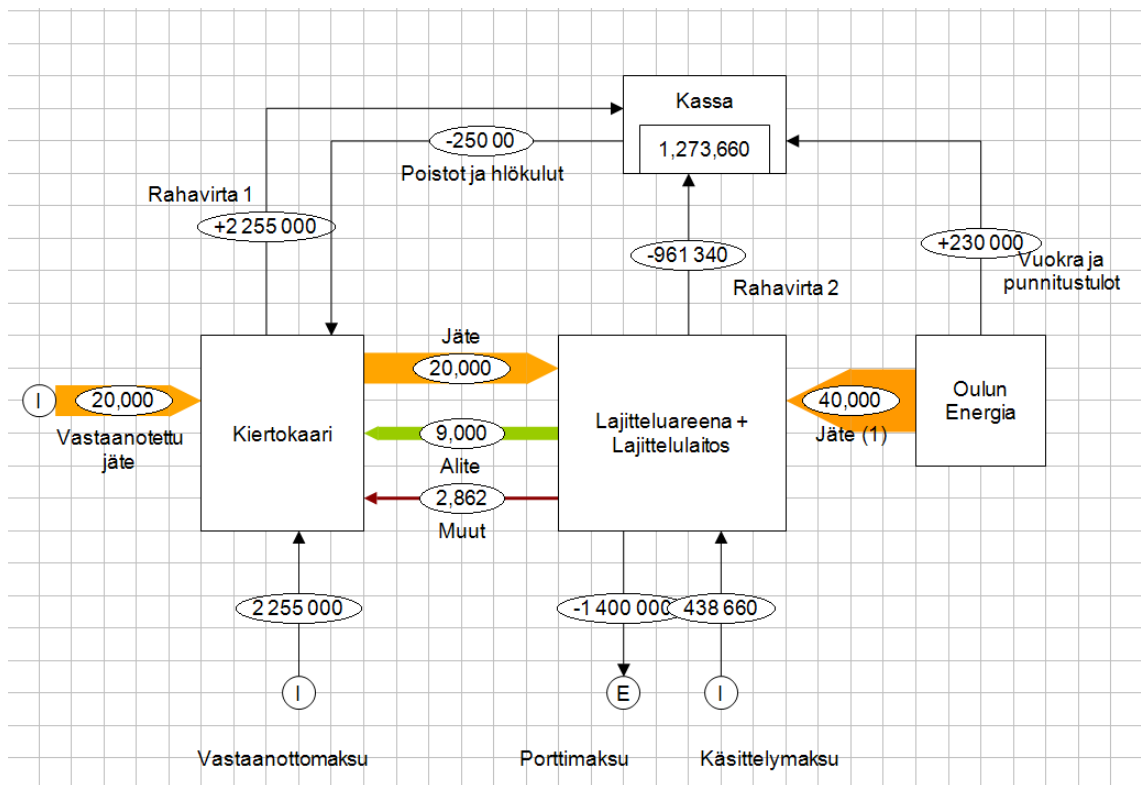
Kuva 11. Skenaario 1A.1 materiaalivirrat ja taloudelliset virrat pienemmällä porttimaksulla.

Kuvan 11 mukaisessa tilanteessa alitetta syntyy 9 000 tonnia ja ”muuta jätettä” eli kipsilevyä, kattohuopaa ja eristeainetta on 2 862 tonnia. Skenaario 1A.1 on tässä esitetty pienemmällä porttimaksulla, 70 €/t, kun vastaanotetun kokonaisjätteen määrä on 60 000 tonnia vuosittain ja Kiertokaaren kautta vastaanotetaan 6 000 tonnia jätettä. Kassaan jää tällöin 675 160 euroa. Kuvassa 12 on nähtävissä skenaarion 1A.1 arvioitu taloudellinen tilanne, kun arvioitu jätteen vastaanottomäärä on 6000 tonnia Kiertokaaren kautta lajitteluareenalle vuodessa ja kokonaisjättemäärä on 60 000 tonnia vuodessa ja porttimaksu on suurempi, 95 €/t.



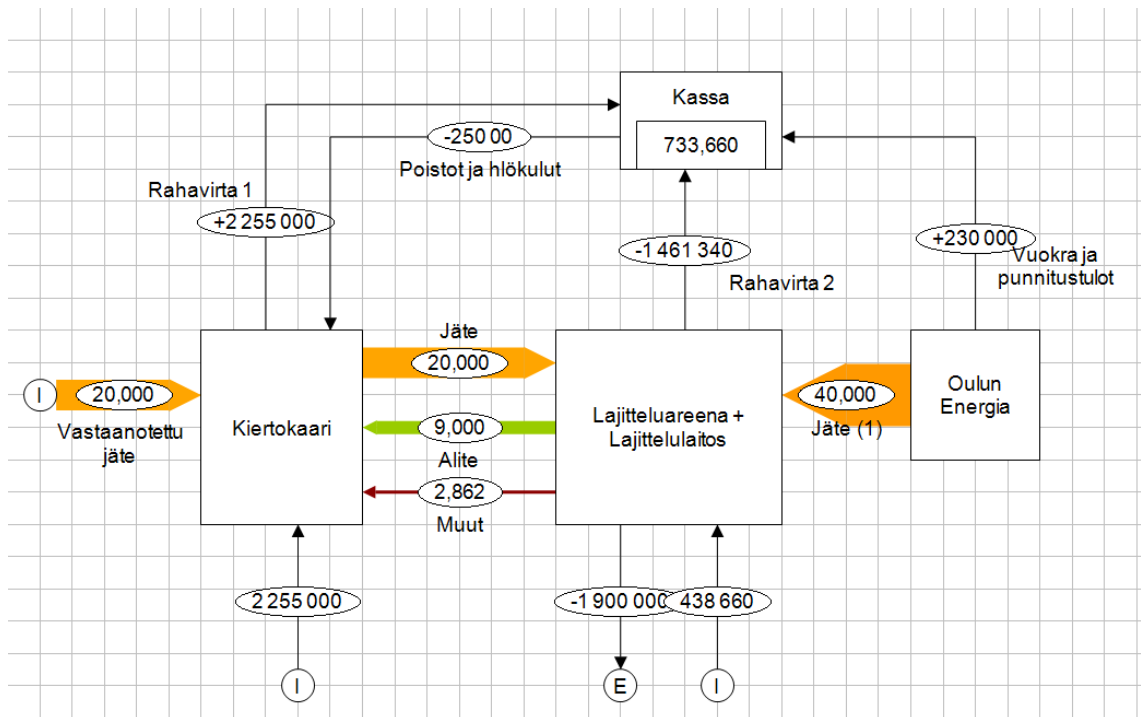
Kuva 12. Skenaario 1A.1 materiaalivirrat ja taloudelliset virrat suuremmalla porttimaksulla.

Kuvan 12 tapauksessa materiaalivirrat pysyvät samana kuin kuvassa 11. Lajitteluareenan porttimaksu on tässä skenaariossa taulukon 6 mukainen suurempi summa eli 95 €/t. Tässä skenaariossa kassaan jää 525 160 euroa. Kuvassa 13 on skenaarion 1 tilanne, jossa kokonaisjätteen määrä on 60 000 tonnia vuosittain, joista Kiertokaari vastaanottaa 20 000 tonnia jätettä ja Oulun Energia 40 000 jätettä.



Kuva 13. Skenaario 1A.2 materiaali- ja taloudelliset virrat pienemmällä porttimaksulla.

Kuvan 13 tapauksessa alitteen ja muun jätteen määrä pysyy samana kuin kuvan 11 ja 12 tapauksessa, sillä syntyvän alitteen ja muun jätteen määrä on riippuvainen lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostaman kokonaisuuden vastaanottamasta kokonaisjättemäärästä. Taloudelliset virrat on esitetty kuvassa halvemman porttimaksun, 75 €/t, tapauksessa. Kassa jää tällöin 1 273 660 euroa. Suurempi tulo syntyy suuremmasta vastaanotetusta jättemäärästä. Kuvassa 14 on esitetty tilanne, jossa lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostama kokonaisuus vastaanottaa 60 000 tonnia jätettä vuosittain ja siitä 20 000 tonnia vastaanotetaan Kiertokaaren kautta. Porttimaksu on kalliimpi 95 €/t.



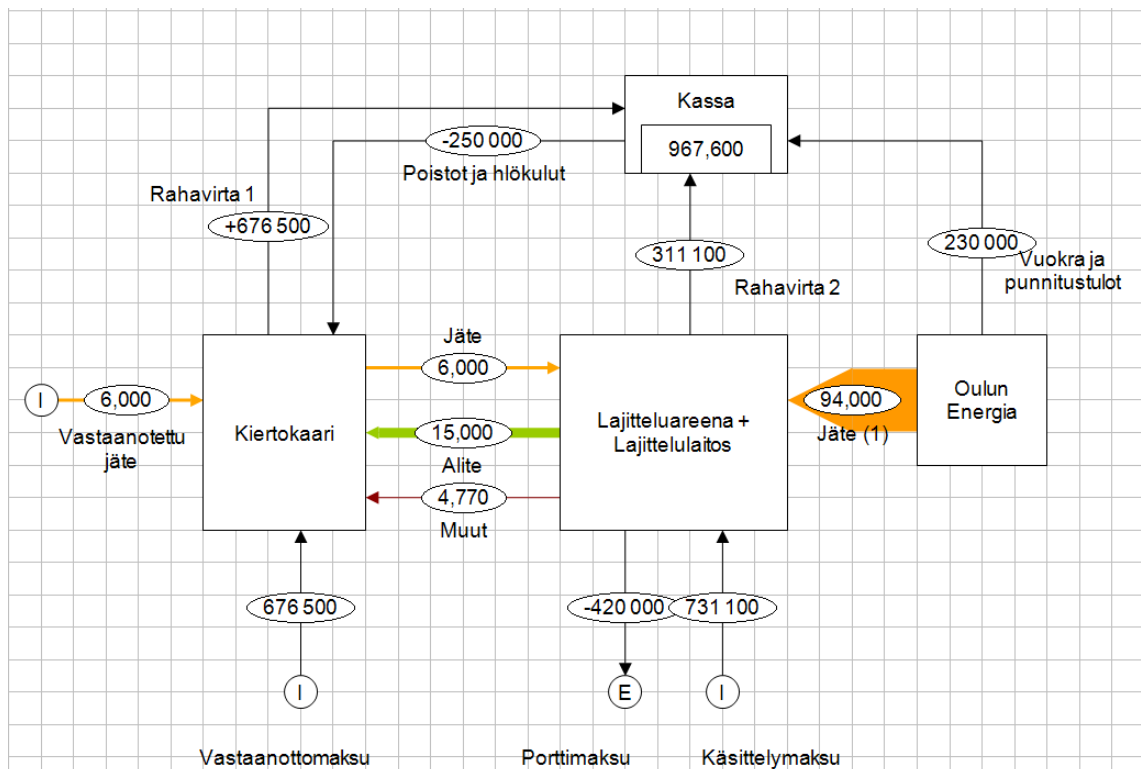
Kuva 14. Skenaario 1A.2 materiaaliveirrat ja taloudelliset virrat suuremmalla porttimaksulla.

Kuvan 14 tapauksessa materiaaliveirrat pysyvät samana kuin kuvassa 13. Porttimaksu lajittelulaitokselle on suurempi, 95 €/t, joten siitä muodostuva meno ei kata täysin lajitteluareenan käsittelymaksuista syntyvää tuloa. Kiertokaaren lajittelumaksu näin suurelle jätemäärälle on kuitenkin tarpeeksi kattava pitämään tuloksen positiivisena ja näin ollen kassaan jää 773 660 euroa.

Skenaario 1B: lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostama kokonaisuus vastaanottaa 100 000 tonnia jätettä vuodessa, josta Kiertokaari ottaa vastaan

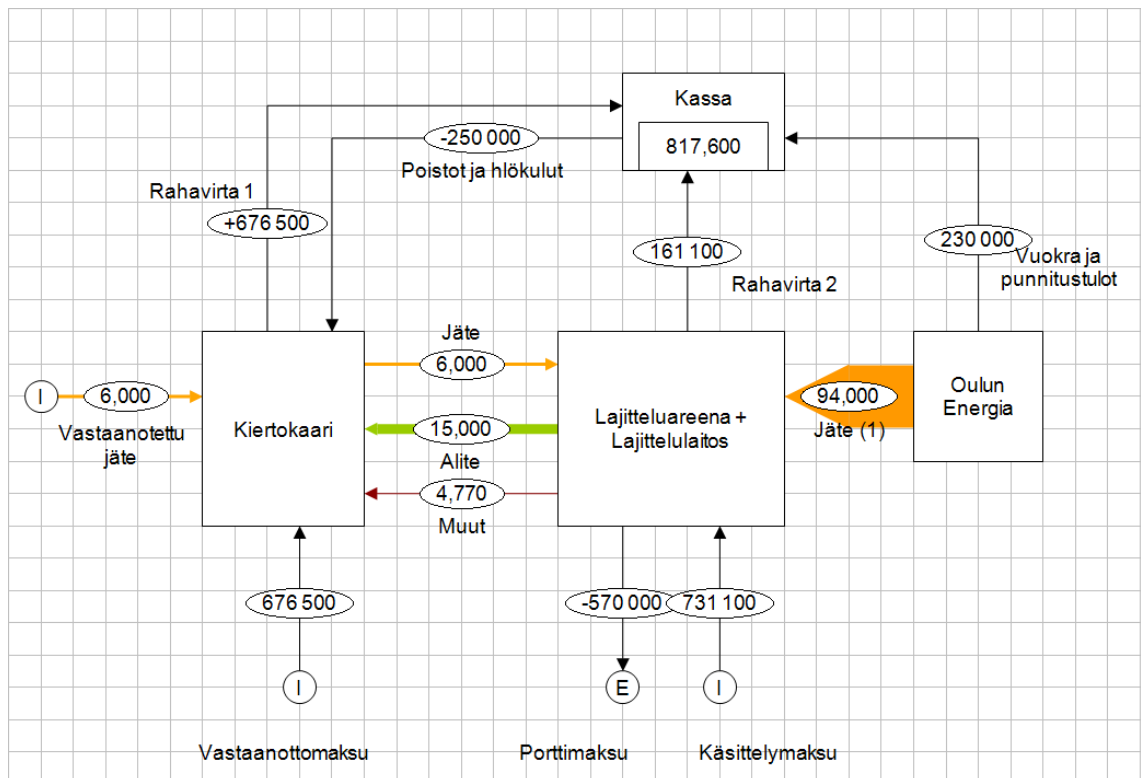
- 1) 6 000 tonnia jätettä tai
- 2) 20 000 tonnia jätettä vuodessa

Kuvassa 15 on esitetty tilanne, jossa lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostama kokonaisuus vastaanottaa vuodessa 100 000 tonnia jätettä. Tässä skenaariossa Kiertokaari vastaanottaa 6 000 tonnia jätettä ja Oulun Energia 94 000 tonnia jätettä. Porttimaksu on edullisempi, 70 €/t.



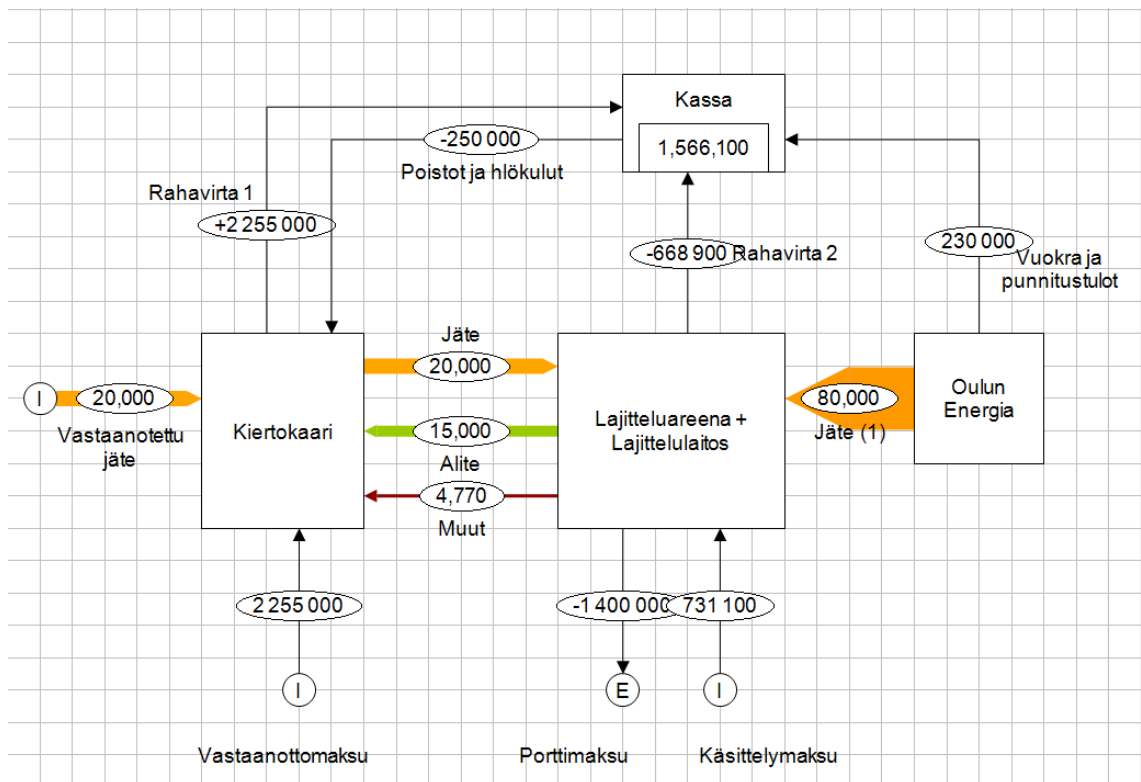
Kuva 15. Skenaario 1B.1 materiaalivirrat ja taloudelliset virrat pienemmällä porttimaksulla.

Kuvan 15 tapauksessa alitteen ja muun jätteen määrä on kasvanut verrattuna 1A.1 ja 1A.2 skenaarioihin, sillä vastaanotetun jätteen kokonaismäärä on kasvanut. Taloudellisten virtojen osalta tulos on edelleen positiivinen ja varsinkin alitteesta ja muista jätteistä eli kipsilevyjen, kattuhuovan ja eristysaineiden käsittelymaksuista saatava tuotto on hyvä. Kuvassa 16 on esitetty tilanne, jossa lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostama kokonaisuus vastaanottaa vuosittain 100 000 tonnia jätettä ja Kiertokaari vastaanottaa tästä 6 000 tonnia jätettä. Porttimaksu on kalliimpi, 95 €/t.



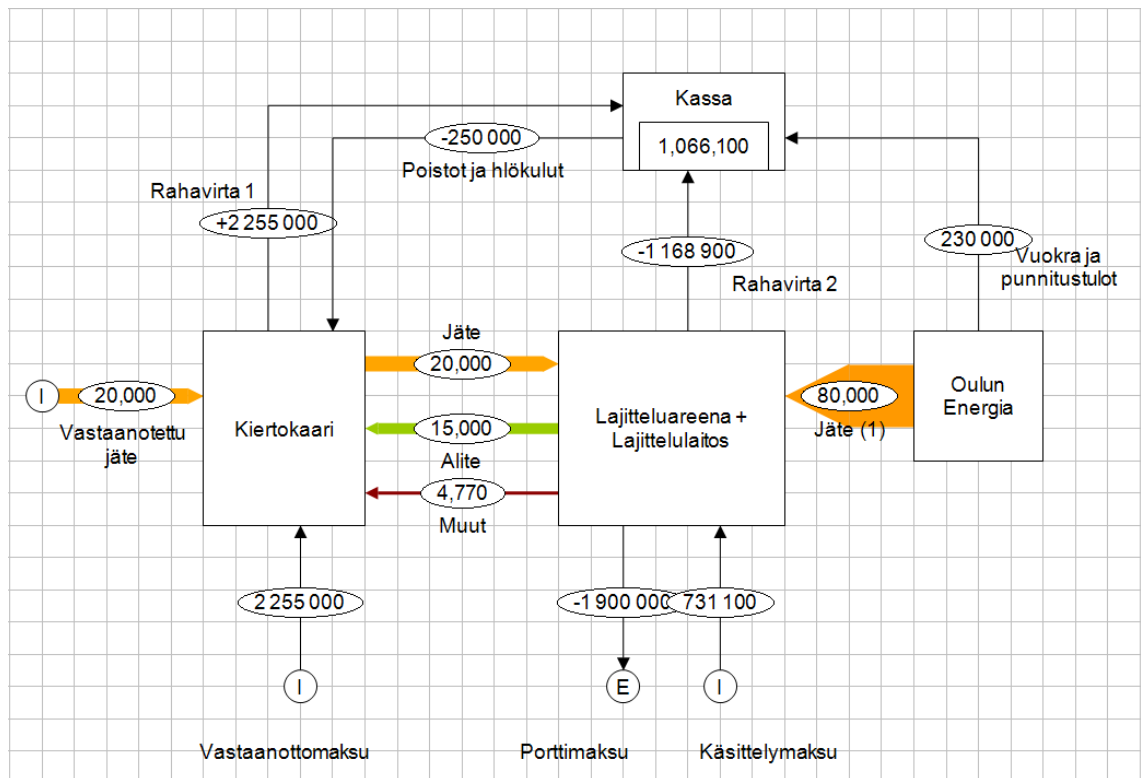
Kuva 16. Skenaario 1B.1 materiaaliveirrat ja taloudelliset virrat suuremmalla porttimaksulla.

Kuvan 16 tapauksessa materiaaliveirrat säilyvät samana kuin kuvassa 15. Porttimaksun kasvaessa tulos pienenee, mutta taloudellisesti tarkasteltuna skenaario ei ole kaikista huonoin. Kuvassa 17 on esitetty tilanne, jossa vastaanotettu kokonaisjättemäärä on 100 000 tonnia vuodessa. Kiertokaari vastaanottaa tästä 20 000 tonnin jätettä ja Oulun Energia 80 000 tonnia jätettä. Porttimaksu on edullisempi, 70 €/t.



Kuva 17. Skenaario 1B.2 materiaali- ja taloudelliset virrat pienemmällä porttimaksulla.

Kuvan 17 tapauksessa Kiertokaarelle käsiteltäväksi saapuvan alitteen ja muun jätteen määrä pysyy samana kuin 1B.1 tilanteessa. Taloudellisesti tarkasteltuna Kiertokaaren kannalta paras mahdollinen tilanne on tämä. Kuvassa 18 on esitetty skenaario 1B.2, kun Oulun Energian porttimaksu on korkeampi ja lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostama kokonaisuus vastaanottaa edelleen 100 000 tonnia jätettä, joista Kiertokaari 20 000 tonnia. Porttimaksu on kalliimpi, 95 €/t.



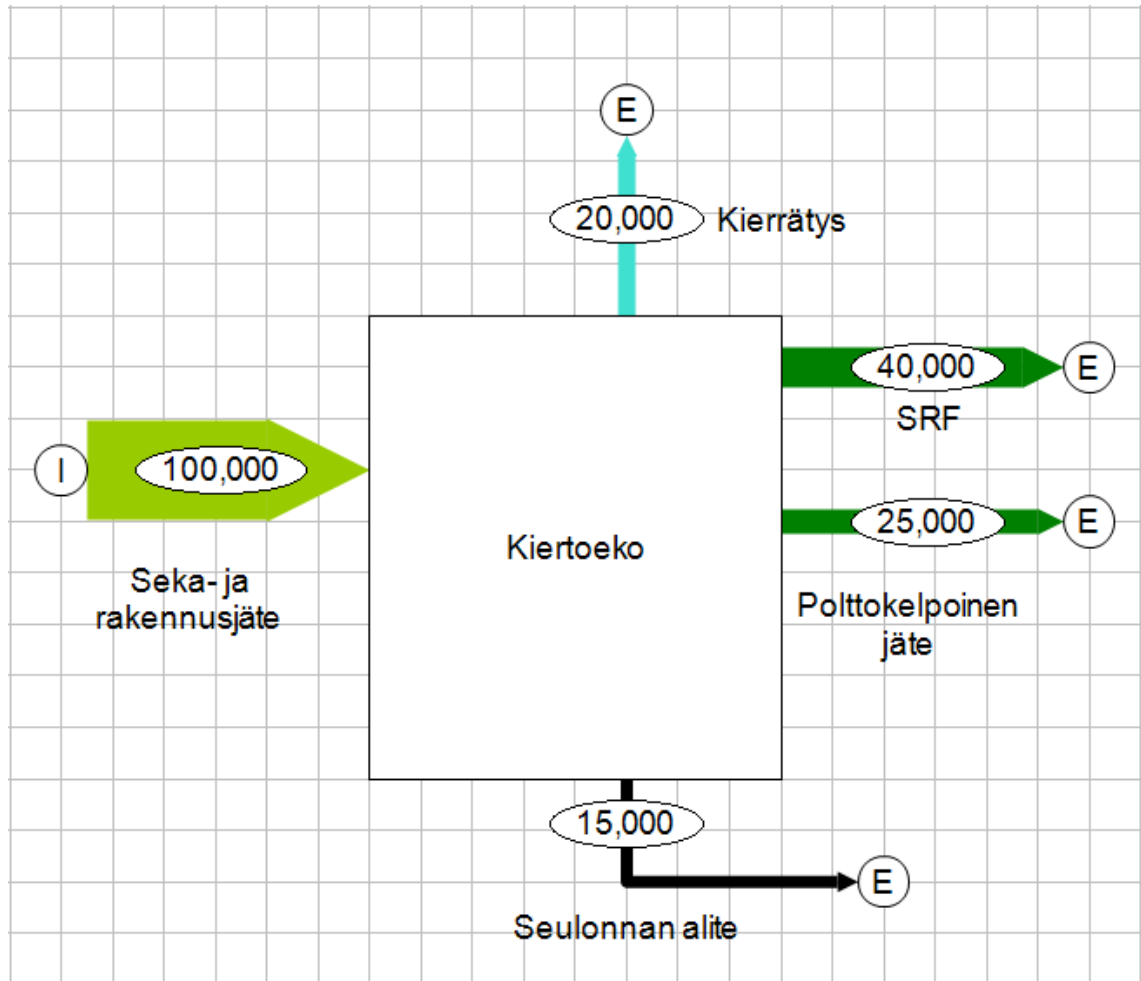
Kuva 18. Skenaario 1B.2 materiaaliveirrat ja taloudelliset virrat suuremmalla porttimaksulla.

Kuvan 18 tapauksessa ja kuvassa 17 esitetyn, skenaarion välillä on 500 000 euron ero tuloksessa. Tämän skenaarion tapauksessa päästään lähelle skenaariossa 0 esitettyä nykyistä tulosta.

6.3.3 Skenaario 2

Skenaariossa 2 Kiertokaari ja Oulun Energia perustavat uuden yrityksen, Kiertoeko Oy:n, joka toimii täysin markkinaehtoisena yrityksenä. Kiertoekon toimintaan kuuluisi lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen toiminnot. Esimerkkejä kahden yrityksen luomasta uudesta yrityksestä löytyy mm. Pohjanmaalta, jossa Paperinkeräys Oy ja Lakeuden Etappi ovat perustaneet yhteistyöyrityksen, Encore Pohjanmaa Oy:n. Sen toimiala on tarjota ympäristö- ja kierrätyspalveluita Vaasan, Seinäjoen ja Kokkolan talousalueen yrityksille. Jos päätettäisiin perustaa Kiertoeko, voitaisiin lajitteluareena Laren yritysasiakkaat säilyttää, sillä Kiertoeko toimisi kokonaan markkinaehtoisesti ja toimintaa voitaisiin myös laajentaa muihin markkinaehtoisin jätejakeisiin. Jos Kiertoeko tuottaisi voittoa, voitaisiin sen avulla turvata Kiertokaaren omia lakisääteisiä toimintoja. Haasteena skenaarion 2 tapauksessa on päättää omistussuhteista

Kiertokaaren ja Oulun Energian välillä. Kuvassa 19 on esitetty skenaarion 2 materiaalivirrat.



Kuva 19. Skenaario 2 materiaalivirrat.

Skenaariossa 2 on määritetty vain materiaalivirrat, sillä taloudellisten virtojen määrittäminen on haastavaa. Kiertoekon omistajayritysten, Kiertokaaren ja Oulun Energian, tulisi määrittää keskinäiset omistajuussuhteet.

7 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Diplomityön aiheena on rakennus- ja sekajätteen käsittelytoiminnan aiheuttamat muutokset Kiertokaaren toiminnassa sekä käsittelyn teknis-taloudellinen selvitys. Rakennus- ja sekajätteen käsittelytoimintaa tarkasteltiin Kiertokaaren lajitteluareenalla, jonka kolmesta ulostulevasta jätevirrasta, polttokelpoisesta jätteestä, SRF:stä ja rejektistä, tehtiin lajittelututkimukset. Lajittelututkimuksia ja vuoden 2017 tilastoja käyttämällä koottiin lajitteluareenalle vastaanotettavan jätteen koostumus. Koostumuksen avulla pystyttiin arvioimaan tulevan lajittelulaitoksen Kiertokaarelle toimittaman kipsilevyn, kattohuovan ja eristeaineiden määrää ja niiden käsittelymaksuista syntyviä tuloja. Rakennusjätekuormien selvityksen avulla saatiin olennainen tieto, kuinka suuren osuuden yksityisasiakkaat toimittavat rakennusjätettä lajitteluareenalle. Tämän avulla voidaan arvioida lajitteluareenalle vastaanotettavan jätteen määrää, kun uusi toimintaympäristö lajittelulaitoksen kanssa syntyy.

7.1 Lajitteluareenalla käsiteltävän jätteen koostumus

Lajitteluareenan ulostulevien jätevirtojen lajittelututkimuksessa tarkasteltiin kolmea eri ulostulevaa jätevirtaa: polttokelpoista jätettä, SRF:ää ja rejektiä. Lajittelututkimuksen avulla haluttiin saada selville eri jätevirtojen koostumukset. Lajittelututkimuksen ja edellisen vuoden jätetilastojen avulla arvioitiin lajitteluareenalle vastaanotettavan jätteen koostumus. Lajittelututkimuksessa saatuja prosenttiosuuksia pystyttiin käyttämään hyödyksi taloudellista analyysia ja materiaalivirta-analyysia tehdessä, kun määritettiin materiaalivirta-analyysissa käytetyn ”muun jätteen” eli kipsilevyn, kattohuovan ja eristeaineiden määriä. Kipsilevyn, kattohuovan ja eristeaineiden osuudet saatiin suoraan vastaanotetun jätteen arvioidusta koostumuksesta.

Vastaanotettavan jätteen arvioidun koostumuksen perusteella kolme määrältään suurinta vastaanotettavaa jätevirtaa ovat hienoaines, puu ja muovi. Hienoaines voi olla lajitteluareenalle vastaanotettavaa jätettä tai seulan alitetta, jota syntyy, kun jätteen palakoko pienenee jätteenkäsittelytoiminnassa. Hienoainesta voidaan hyödyntää kaatopaikan peitemateriaalina ja sitä varten hienoaineksen tulee täyttää kaatopaikkakelpoisuuskriteerit, jotka ovat kirjattu valtioneuvoston asetukseen 331/2013.

Lajitteluareena Larella on tehty vastaavanlainen lajittelututkimus vuonna 2013 (Leiviskä 2013). Tällöin lajittelututkimuksessa tutkittiin polttokelpoisen jätteen ja rejektin ulostulevia jätevirtoja ja yhdistämällä tilastoihin saatiin vastaanotettavan jätteen arvioitu koostumus. Vuonna 2013 otoksia oli kuusi polttokelpoisesta jätteestä ja kuusi rejektistä, kun taas tämän diplomityön puitteissa otoksia on ollut vain yksi jokaisesta tutkittavasta ulostulevasta jätevirrasta. Lisäksi vuoden 2013 lajittelututkimus tehtiin puolen vuoden aikana, lokakuusta huhtikuuhun, kun taas tämän diplomityön puitteissa lajittelututkimusta suoritettiin kesällä kuukauden ajan.

Vastaanotettavan jätteen koostumuksien vertailu voidaan tehdä vain osittain, sillä vuonna 2018 jakeita on enemmän kuin vuonna 2013 oli. Taulukossa 8 on esitetty vertailu lajitteluareenan vastaanotettavan jätteen koostumuksesta vuosina 2018 ja 2013. Siitä huomataan, että vuonna 2013 suurimmat jätejakeet olivat hienoaines, puu ja muovi. Nämä samat jätejakeet ovat myös 2018 tutkimuksen suurimmat jätejakeet. Vaikka tutkimukset on tehty eri vuodenaikoihin ja eripituisina, voidaan suurimpien jätejakeiden osalta tuloksien yhteneväisyyttä pitää luotettavana. Joissakin jätejakeissa, kuten kipsilevyssä, kiviaineksessa ja eristevillassa, on huomattavissa selkeää laskua verrattuna vuoden 2013 osuuteen. Kesäkuukausina rakentaminen, saneeraus ja purkutyöt ovat yleisesti suositumpaa kuin talvikuukausina, joten pienimpien rakennusjätejakeiden vähenemiselle ei ole selkeää selitystä. Sen sijaan esimerkiksi tekstiilin osuus on kasvanut 2,1 % verrattuna vuoden 2013 osuuteen.

Taulukko 8. Vastaanotettavan jätteen koostumuksen vertailu vuosina 2018 ja 2013.

Jätejake	2018 Lajitteluareena Kiertokaari oy osuudet	2013 Lajitteluareena Jätehuolto (Leiviskä osuudet 2013)
Hienoaines	21,93 %	23,00 %
Metalli	5,21 %	7,40 %
Puu	21,75 %	24,00 %
Betoni	0,50 %	Ei tutkittu
Lasi	0,02 %	2,60 % *
Sähkölaitteet	0,39 %	0,20 %
Vaaralliset jätteet	0,01 %	0,02 %
Renkaat	0,04 %	0,04 %
Pahvi	6,08 %	8,80 % **
Seulan ylite	0,72 %	Ei tutkittu
Muovi	13,30 %	14,00 %
Kattohuopa	2,83 %	Ei tutkittu
Kipsilevy	1,20 %	7,30 %
Kiviaines	0,32 %	4,10 %
Värillinen kalvomuovi	0,37 %	Ei tutkittu

(LDPE)		
Kaukolämpöputket	0,02 %	Ei tutkittu
Paperi	4,05 %	Ei tutkittu**
Tekstiili	5,50 %	3,60 %
Isot kappaleet	6,25 %	Ei tutkittu*
Eristevillat	0,74 %	3,20 %
Bio- ja puutarhajäte	0,27 %	1,00 %
PVC	8,30 %	Ei tutkittu
Uretaani	0,19 %	Ei tutkittu
YHTEENSÄ	100,00 %	99,26 %

* ”muut” jätejake sisältää lasin, isot kappaleet ja kumin.

** Aikaisemmassa 2013 lajittelututkimuksessa paperi, kartonki ja pahvi on lajiteltu yhtenä jätelakeena.

7.2 Larelle vastaanotettava rakennusjäte

Rakennusjätekuormien selvityksen avulla saatiin selville lajitteluareena Larelle tuotavan rakennusjätteen eri lähteitä ja tuojien profiilia. Jätelain muutoksessa säädetään kunnallisten jätetoimijoiden ulosmyyntioikeuden olevan 10 % 1.1.2019 alkaen, joten jos Kiertokaari joutuu luopumaan lajitteluareena Larelle tuotavien yritysperäisten rakennusjätteiden vastaanottamisesta, pienenee vastaanotettavan rakennusjätteen määrä vain yksityistuojien rakennusjätteeseen. Jätteen syntypaikka- ja logistiikkatarkastelussa yksityistuojien tuoman rakennusjätteen massan osuus oli 6 % rakennusjätteen

kokonaismassasta. Prosentuaalisesti 23 % tarkastelun tuojista oli yksityisiä rakennusjätteen tuojia, joten asiakkuuksien määrä laskisi tarkastelun mukaan 77 %. Voidaan siis olettaa, että rakennusjätteestä saatava tulo laskee, sillä tuotava massan määrä sekä asiakkaiden määrä laskee. Rakennusjätekuormien selvityksen otos oli 43 kuormaa ja selvitykseen käytettävä aika oli 5 arkipäivää, joten tuloksia voidaan pitää suuntaa antavina.

Rakentamisen määrä kasvaa, kun talouden tila kohenee ja pienenee kun talous on taantumassa, tällä on suoraan verrannollinen vaikutus rakennusjätteen määrään. Myös valtakunnallisen jätesuunnitelman rakentamisen jätteeseen liittyvät tavoitteet vaikuttavat lajitteluareenalle vastaanotettavan rakennusjätteen määrään. Rakennusjätteen määrää halutaan vähentää sekä materiaalina hyödyntämisastetta kasvattaa 70 %:iin. Materiaalinhyödyntämisastetta nostamalla voidaan myös säästää resursseja. Purkujätteessä olevat epäpuhtaudet vaikeuttavat hyötykäyttöä.

7.3 Jätteenkäsittelyn taloudellinen tarkastelu

Jätteenkäsittelytoiminta muuttuu tulevien vuosien aikana Kiertokaaren toimintaympäristössä. Lajitteluareenan toimintaa täytyy organisoida uudelleen lajittelulaitoksen myötä. Kiertokaaren lajitteluareenalla vastaanottama jätteen määrä tulee todennäköisesti laskemaan nykyisestä vuosittaisesta 37 000 tonnin jätemäärästä. Tarkkaa arviota ei voida muodostaa, mutta alimmaksi Kiertokaaren vastaanottamaksi jätemääräksi taloudellisessa talousarviossa valittiin 6 000 tonnia jätettä. Alimman jätemäärän arvio tehtiin vastaanotettujen jätekuormien perusteella, joiden massa oli alle 300kg punnituksessa. Näitä jätekuormia vastaanotettiin noin 6 000 t vuonna 2017. Diplomityössä erilaisia tulevaisuuden vaihtoehtoja tarkasteltiin skenaarioiden kautta.

Skenaario 0: lajitteluareenan kaikki toiminnot säilyvät kuten tämänhetkisessä tilanteessa, kuitenkin huomioiden hankintalain 10 % ulosmyyntioikeuden.

Skenaario 1A: lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostama kokonaisuus vastaanottaa 60 000 tonnia jätettä vuodessa, josta Kiertokaari ottaa vastaan

- 1) 6 000 tonnia jätettä tai
- 2) 20 000 tonnia jätettä vuodessa

Skenaario 1B: lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostama kokonaisuus vastaanottaa 100 000 tonnia jätettä vuodessa, josta Kiertokaari ottaa vastaan

- 1) 6 000 tonnia jätettä tai
- 2) 20 000 tonnia jätettä vuodessa

Skenaario 2: Kiertokaari ja Oulun Energia perustavat tytäryhtiön, jonka tarkoitus on hoitaa kaikki lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostaman kokonaisuuden toiminnot.

Lajitteluareenan tuotoilla voidaan nykyään rahoittaa muita kunnallisen jätehuolto-yhtiön vastuualueille kuuluvia tehtäviä, kuten jäteneuvontaa ja vaarallisten jätteiden vastaanottoa. Jotta nämä vastuunalaiset tehtävät voidaan säilyttää samalla tasolla, tulee lajitteluareenan edelleen tuottaa Kiertokaarelle vähintään saman verran tuloja kuin aiemminkin. Ellei lajitteluareenan avulla saada enää tuottoa, jotta vastuunalaiset tehtävät voitaisiin säilyttää samalla tasolla, täytyy kunnallisia jätemaksuja kasvattaa.

Ongelmalliseksi uuden tilanteen tekee yhteiskunnallinen pyrkimys jätteen määrän ja synnyn vähentämiseen. Valtakunnallisen jätesuunnitelman tavoitteena on vähentää jätteen synnyn määrää. Jotta Kiertokaari voi säilyttää toimintonsa, tulee jätettä silti syntyä. Kiertokaaren tulee turvata jäteneuvonta sekä ilmaiset jättepalvelut, mutta niiden pitäminen maksuttomana vaatii liiketoimintaa. Ellei liiketoimintaa synny, tulee kunnallisten jätemaksujen hintaa nostaa, jotta voidaan taata ilmaiset palvelut.

Uuden lajittelulaitoksen investointi lisää kierrätystä Oulun alueella. Teollisuuden jätteiden kierrätysaste paranee, kun jäte käsitellään lajittelulaitoksella. Joukkoistamalla kunnan asukkaat vielä korkeampaan syntypaikkalajitteluun, voidaan saada säästöjä lajittelussa. Asukkaiden suoraan lajittelema jäte voidaan hyödyntää sellaisenaan, eikä sen käsittely ole välttämätöntä. Kiertokaaren kannalta tilanne voi muuttua, jos Oulun alueelle syntyy uutta jätteen loppusijoitustoimintaa. Tällöin Kiertokaari ei ole enää ainoa jätteenloppusijoitusta tarjoava yritys ja loppusijoituspalvelut muuttuvat markkinaehtoiseksi toiminnaksi.

7.4 Suositukset

Yksi valtakunnallisen jätesuunnitelman 2023 tavoitteista on vähentää jätteen määrää. Kiertokaaren tulisi myös omilla toimillaan pyrkiä kohti tilannetta, jossa jätteen syntypaikkalajittelun aste olisi mahdollisimman korkea. Syntypaikalla lajitellut jätejakeet saataisiin edelleen kierrätykseen. Mahdollistaakseen toimivan jäteneuvonnan toimialueellaan, tulee Kiertokaaren taloudellisen tilanteen pysyä vakaana. Tämä voidaan mahdollistaa tuotoilla eri Ruskon Jätekeskuksen jätteenkäsittelypisteillä sekä jätemaksuilla. Nykyisessä tilanteessa lajitteluareena Lare tuottaa Kiertokaarelle voittoa. Uudessa tilanteessa, jossa lajitteluareenan ja Oulun Energian lajittelulaitoksen muodostama kokonaisuus toimii, tulee Kiertokaaren pystyä tuottamaan vähintään saman verran voittoa, jotta jäteneuvonnan taso ja ilmaiset jätteenkäsittelypalvelut voidaan säilyttää.

Ensimmäisen skenaarion tapauksessa on kuvattu, millaisessa tilanteessa lajitteluareena on nyt. Jätelain uudistuksessa asetettu 10 % ulosmyyntiraja, koskee koko Kiertokaarta, joten ulosmyyntirajan ei tarvitse välttämättä koskea lajitteluareenan nykyisiä tai tulevia asiakkuuksia. Jätteen syntypaikka- ja logistiikkatarkastelussa saatiin selville, että yksityiset tuojat tuovat kokonaismassasta vain 6 %. Jos kaikki yritysasiakkuudet täytyy siirtää muihin lajitteluyrityksiin, tulee lajitteluareenan tulos laskemaan. Lajitteluareenasta vuosittain saatava tulo on 1 100 870 euroa ja uudessa tilanteessa pitäisi pyrkiä vähintään samaan. Kolmannessa skenaariossa Kiertokaari ja Oulun Energia perustavat uuden yrityksen. Tällöin kaikki markkinaehtoinen toiminta siirtyy uudelle yritykselle, tässä tapauksessa Kiertoeko Oy:lle. Liikevoiton suuruudesta ja jakautumisesta ei ole takeita.

Varmin vaihtoehto on luoda toimiva yhteistyö, kuten toisessa skenaariossa on esitetty. Toisessa skenaariossa 1 100 000 euron liikevoittoon päästään kahdessa eri vaihtoehdossa.

- 1) Ensimmäinen vaihtoehto on skenaario, jossa lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostaman kokonaisuus vastaanottaa 60 000 tonnia jätettä, joista 20 000 tonnia jätettä on Kiertokaaren

vastaanottamaa ja porttimaksu on halvempi vaihtoehto, 70 €/t. Kiertokaari saa lajitteluareenan tulokseksi silloin 1 273 660 euroa.

- 2) Toinen vaihtoehto on skenaario, jossa lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen muodostaman kokonaisuus vastaanottaa 100 000 tonnia jätettä, joista 20 000 tonnia jätettä on Kiertokaaren vastaanottamaa ja porttimaksu on halvempi vaihtoehto, 70 €/t. Kiertokaari saa lajitteluareenan tulokseksi silloin 1 566 100 euroa.

8 YHTEENVETO

Tämän diplomityön tarkoituksena on tarkastella jätelain uudistuksen ja hankintalain vaikutusta Kiertokaaren toimintaan. Diplomityössä on selvitetty lajitteluareenalle vastaanotettavan jätteen koostumusta ja miten Kiertokaaren toiminta muuttuu Oulun Energian investoidessa uuden lajittelulaitoksen. Lajittelulaitos tullaan rakentamaan Kiertokaaren lajitteluareenan yhteyteen. Diplomityön viimeinen tavoite on määritellä kuinka Kiertokaaren ja Oulun Energian välinen yhteistyö saadaan mahdollisimman toimivaksi.

Suomessa jätehuoltoa ohjaavat Euroopan unionin jätelainsäädäntö ja Suomen jätelainsäädäntö. Hankintalain ja jätelain uudistusten myötä jätehuolto muuttuu lähivuosina. Jätelain uudistusten myötä jätehuollontoimijoiden tulee kartoittaa toimintaansa, 1.1.2019 voimaantuleva 10 % ulosmyyntioikeus tarkoittaa, ettei markkinaehtoista toimintaa saa harjoittaa kuin 10 % yrityksen liikevaihdosta. Joidenkin kunnallisten jätehuoltotoimijoiden osalta tämä tarkoittaa toimintojen supistamista, kun taas joidenkin osalta toimiin ei tarvitse välittömästi ryhtyä. Jätehuoltoa ohjaavat myös Euroopan unionin komission hyväksymä kiertotalouspaketti ja valtakunnallinen jätesuunnitelma. Näiden strategisten suunnitelmien avulla jätehuoltoa yritetään kehittää kestävämpään muotoon sekä edistää pyrkimystä kiertotalouteen.

Jätteille voidaan antaa määritelmiä niiden alkulähteestä riippuen. Lajitteluareenalle vastaanotetaan rakennus- ja sekajätettä. Jätteen käsittelyllä on tarkoitus muuntaa jäte sellaiseen muotoon, että se voidaan hyödyntää materiaalina, käyttää energiana tai loppusijoittaa kaatopaikalle. Pyrkimys korkeaan syntypaikkalajitteluasteeseen on tärkeää, jotta kierrätyksen aste olisi mahdollisimman korkea. Korkean syntypaikkalajittelun avulla voidaan hillitä jätteistä syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä. Energiahyödyntäminen on kierrätyksen jälkeen seuraava vaihtoehto. Viimeisenä vaihtoehtona pidetään loppusijoittamista kaatopaikalle ja sitä onkin lainsäädännön toimesta voimakkaasti rajoitettu. Kaatopaikalle sijoittaminen tuottaa runsaasti paikallisia ja kansainvälisiä päästöjä.

Kiertokaari toimii Oulun alueen jätehuoltotoimijana. Oulun Energia on Pohjois-Suomen suurin energiatoimija, jolla on useita eri toiminta-alueita. Yksi toiminnoista on energian ja kaukolämmön tuottaminen polttovoimalaitoksissa Oulun alueella. Oulun Energia

rakentaa biovoimalaitoksen Laanilaan. Biovoimalaitos käyttää polttoaineenaan kierrätyspolttoainetta. Kierrätyspolttoainetta saadaan uuden lajittelulaitoksen yhtenä lopputuotteista. Lajittelulaitos sijoitetaan Kiertokaaren lajitteluareenan läheisyyteen Ruskon jätekeskuksessa. Diplomityössä tarkasteltiin tulevaa tilannetta skenaarioiden avulla.

Diplomityön tutkimusmenetelmät ovat jätteen koostumustutkimus, johon on käytetty lajittelututkimuksia ja tilastoja. Lisäksi on tehty jätteen syntypaikka- ja logistiikkatarkastelu rakennusjätteelle. Materiaalivirta-analyysia on käytetty skenaarioiden kuvaamiseen, skenaarioihin on myös lisätty taloudellinen tarkastelu. Materiaalivirta-analyysiin käytettyjen muut jätteet koostumus on saatu jätteen koostumustutkimuksesta.

Tutkimustulosten perusteella lajitteluareenalle suurimmat vastaanotettavat jätelajit ovat hienoaines ja puu. Jätteen syntypaikka- ja logistiikkatarkastelun perusteella suurin osa rakennusjätteestä saapui purku- ja saneerauskohteista yrityksen tuomana raskaalla kalustolla. Ensimmäinen, 0.skenaario, jossa lajittelulaitosta ei investoida, ei toteudu, sillä lajittelulaitosta suunnitellaan jo Ruskon jätekeskuksen alueelle. Toisen skenaarion eri jäte- ja taloudellisia virtoja hyödynnetään neuvotteluissa Oulun Energian kanssa. Konkreettisten lukujen avulla Kiertokaari on pystynyt esittämään oman näkökulmansa lajitteluareenan ja lajittelulaitoksen yhteistyöstä. Parhain vaihtoehto on lajitteluareenan tuloksen säilyttäminen nykyisellä tasolla eli noin 1 100 000 euroa voittoa. Kolmas skenaario, jossa on luotu kokonaan uusi yritys, ei toteudu.

Jätelain uudistus ja hankintalaki vaikuttavat Kiertokaaren toimintaan vaatien toimintojen ja liikevaihdon tarkastelua. Ulosmyyntioikeus, joka on 1.1.2019 alkaen 10 % tarkoittaa, yritysasiakkaiden määrän leikkaamista. Luonnollinen tapa leikata asiakasmääriä on antaa pitkäaikaisten sopimusten loppua ilman uusimista. Rakennusjätteen osalta saatiin jätteen syntypaikka- ja logistiikkatarkastelun avulla selville, että yksityisten asiakkaiden lajitteluareenalle tuoma prosenttiosuus kaikesta tarkastelun massasta oli vain 6 %. Tulevaisuudessa asiakkaina ei voida säilyttää yrityksiä kuten ennen, joten pahimmillaan lajitteluareenalla vastaanotettavan rakennusjätteen osuus nykyisestä on vain 6 %.

Lajittelematon seka- ja rakennusjäte vastaanotettaessa lajitteluareenalle sisältää 21,93 % hienoaainesta, 21,75 % puuta, 13,30 % muovia, 8,30 % PVC:tä, 6,25 % isoja kappaleita,

6,08 % pahvia, 5,50 % tekstiiliä ja 5,21 % metallia. Koostumuksen perusteella lajitteluareenalle vastaanotetaan jätettä erilaisista lähteistä. Lajitteluareenalta saadaan hyvin eroteltua kierrätykseen kelpaavaa materiaalia. Uudella lajittelulaitoksella käsitellään myös lajitteluareenalta tulevaa jätettä, joten lajitteluareenalla tapahtuvaa lajittelutoimintaa voidaan mahdollisesti supistaa. Lisäksi uusi lajittelulaitos aiheuttaa logistisia muutoksia.

Kiertokaaren ja Oulun Energian välinen yhteistyö saadaan toimivaksi hyödyntäen skenaarion 1 ehdotuksia. Kummallekin yhteistyön osapuolelle on osoitettu selkeät vastuualueet ja yhteistyön tulee olla avointa. Kummankin osapuolen tulee saada sopimuksen avulla haluttu lopputulos tai lopputuote. Kiertokaaren tapauksessa se tarkoittaa taloudellisesti samaa voittoa lajitteluareenalta kuin aiempina vuosina. Lajitteluareenalta tulevan voiton avulla Kiertokaari pystyy turvaamaan kuntalaisille tarjottavat ilmaispalvelut.

LÄHTEET

Allesch A & Brunner PH (2017) Material Flow Analysis as a Tool to improve Waste Management Systems: The Case of Austria. *Environ Sci Technol* 51(1): 540-551.

Bayard R, de Araújo Morais J, Ducom G, Achour F, Rouez M & Gourdon R (2010) Assessment of the effectiveness of an industrial unit of mechanical-biological treatment of municipal solid waste. *J Hazard Mater* 175(1-3): 23-32.

Bilitewski B (2010) Mechanical Treatment: Unit Processes. In: Christensen TH *Solid Waste Technology & Management*. : 319-348.

Brunner PH & Rechberger H (2004) *Practical Handbook of Material Flow Analysis* Taylor & Francis e-Library, 333 s. ISBN 1-5667-0604-1

Cimpan C, Maul A, Jansen M, Pretz T & Wenzel H (2015) Central sorting and recovery of MSW recyclable materials: A review of technological state-of-the-art, cases, practice and implications for materials recycling. *Journal of Environmental Management* 156: 181-199.

Cencic O & Rechberger H (2008) Material flow analysis with software STAN. *Journal of Environmental Engineering and Management* 18(1): 3.

Deloitte (01/2018) Kiertotalous energia-alalla [pdf-tiedosto] saatavilla: https://energia.fi/files/2288/Deloitte_2018_-_Kiertotalous_energia-alalla_loppuraportti.pdf [viitattu 19.9.2018]

Donovan SM, Bateson T, Gronow JR & Voulvoulis N (2010) Characterization of compost-like outputs from mechanical biological treatment of municipal solid waste. *J Air Waste Manage Assoc* 60(6): 694-701.

Euroopan komissio (2015) Kiertotalouspaketti: Kysymyksiä ja vastauksia [taustatiedote] saatavilla: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-6204_fi.htm [viitattu 19.9.2018]

Euroopan komissio (2017) Review of Waste Policy and Legislation [www] saatavilla: http://ec.europa.eu/environment/waste/target_review.htm [viitattu 19.9.2018]

Euroopan komissio (2018) End-of-waste criteria [www] saatavilla: http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/end_of_waste.htm [viitattu 25.10.2018]

Eurostat (19.7.2018) Municipal waste statistics [www] saatavilla: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics [viitattu: 25.10.2018]

Havukainen J, Zhan M, Dong J, Liikanen M, Deviatkin I, Li X & Horttanainen M (2017) Environmental impact assessment of municipal solid waste management incorporating mechanical treatment of waste and incineration in Hangzhou, China. *J Clean Prod* 141: 453-461.

Holm-Nielsen JB, Al Seadi T & Oleskowicz-Popiel P (2009) The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresour Technol* 100(22): 5478-5484.

Ibrahim M (2016) Estimating the sustainability returns of recycling construction waste from building projects. *Sustainable Cities Soc* 23: 78-93.

Jones PT, Geysen D, Tielemans Y, Van Passel S, Pontikes Y, Blanpain B, Quaghebeur M & Hoekstra N (2013) Enhanced Landfill Mining in view of multiple resource recovery: A critical review. *J Clean Prod* 55: 45-55.

Juusti L (2018) Legal barriers for Enhanced Landfill Mining Activities in EU and Finnish Environmental Law [gradututkielma] saatavilla: http://epublications.uef.fi/pub/urn_nbn_fi_uef-20180432/urn_nbn_fi_uef-20180432.pdf [viitattu 24.10.2018]

Jätelaitosyhdistys ry (2017a) Jätepolttoaineet [www] saatavilla: <http://vanha.jly.fi/energia22.php?treeviewid=tree3&nodeid=22> [viitattu: 25.10.2018]

Jätelaitosyhdistys ry (2017b) Suomen yhdyskuntajätehuolto [www] saatavilla: <http://vanha.jly.fi/jateh0.php?treeviewid=tree2&nodeid=0> [viitattu: 25.10.2018]

Jätelaitosyhdistys ry (2017c) Jäte energiaksi [www] saatavilla: <http://vanha.jly.fi/energia1.php?treeviewid=tree3&nodeid=1> [viitattu: 25.10.2018]

Jätelaitosyhdistys ry (2017d) Arinapoltto [www] saatavilla: <http://vanha.jly.fi/energia31.php?treeviewid=tree3&nodeid=31> [viitattu 25.10.2018]

Jätelaitosyhdistys ry (2017e) Jätteenkäsittely – loppusijoitus [www] saatavilla: <http://vanha.jly.fi/jateh3.php?treeviewid=tree2&nodeid=3> [viitattu 25.10.2018]

Jätelaitosyhdistys ry (2017f) Opas sekajätteen koostumustutkimusmittauksiin [pdf-dokumentti] saatavilla: http://www.kivo.fi/wp-content/uploads/Opas_sekajatteen_koostumustutkimuksiin_versio2.pdf [viitattu 26.10.2018]

Kiertokaari Oy (2018) Yrityksemme [www] Saatavilla: <https://kiertokaari.fi/en/kiertokaari/yrityksemme/> [viitattu 31.7.2018]

Kumar A & Samadder SR (2017) A review on technological options of waste to energy for effective management of municipal solid waste. *Waste Manage* 69: 407-422.

Kuzmanova E, Zhelev N & Akunna JC (2018) Effect of liquid nitrogen pre-treatment on various types of wool waste fibres for biogas production. *Heliyon* 4(5).

Leiviskä T (2013) Lajitteluareenan jätevirrat ja jätteenkäsittelytoiminnan taloudellinen tarkastelu Aalto-yliopisto 110 s.

Meinander M, Mroueh UM, Bacher J, Laine-Ylijoki J, Wahlström M, Jermakka J, Teirasvuo N, Kuosa H, Törn M, Laaksonen J, Heiskanen J, Kaila J, Vanhanen H, Dahlbo H, Saramäki K, Jouttijärvi T, Mattila T, Retkin R, Suoheimo P, Lähtinen K, Sironen S, Sorvari J, Myllymaa T, Havukainen J, Horttanainen M, Luoranen M (2012) Directions of future developments in waste recycling [pdf-dokumentti] saatavilla: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T60.pdf> [viitattu: 25.10.2018]

Menegaki M & Damigos D (2018) A review on current situation and challenges of construction and demolition waste management. *Curr Opin Green Sustain Chem* 13: 8-15.

Myllymaa T, Moliis K, Tohka A, Rantanen P, Ollikainen M & Dahlbo H (2008) Suomen ympäristökeskuksen raportteja 28/2008 Jätteiden kierrätyksen ja polton käsittelyketjujen ympäristökuormitus ja kustannukset [pdf-dokumentti] saatavilla: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39792/SYKEra_28_2008.pdf?sequence=1 [viitattu 25.10.2018]

Mönkäre TJ, Palmroth MRT & Rintala JA (2016) Characterization of fine fraction mined from two Finnish landfills. *Waste Manage* 47: 34-39.

Oulun Energia Oy (2017) ÅF-Consult oy: Jätteen lajittelulaitoksen ja biojätteen käsittelylaitoksen ympäristövaikutusten arviointi [pdf-dokumentti] saatavilla: https://www.oulunenergia.fi/sites/default/files/attachments/jatteenlajittelulaitos_yva-ohjelma.pdf [viitattu 31.5.2018]

Oulun Energia Oy (2018a) Laanilan ekovoimalaitos [www] saatavilla: <https://www.oulunenergia.fi/energia-ja-ymparisto/energiantuotanto/voimalaitokset/laanilan-ekovoimalaitos> [viitattu 31.5.2018]

Oulun Energia Oy (2018b) Jätteiden lajittelulaitos edistää kiertotaloutta [www] saatavilla: <https://www.oulunenergia.fi/energia-ja-ymparisto/energiantuotanto/voimalaitokset/jatteiden-lajittelulaitos-edistaa-kiertotaloutta> [viitattu 31.7.2018]

Poropudas (2011) Polyvinylikloridin (PVC) kierrätys ja uusiokäyttö [diplomityö] saatavilla: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/21281/Poropudas.pdf?sequence=1> [viitattu 22.10.2018]

Pöyry Management Consulting Oy (2015) Energiateollisuus Ry - Jätteiden energiahyödyntäminen Suomessa [pdf-dokumentti] saatavilla: https://energia.fi/files/405/ET_Jatteiden_energiakaytto_Loppuraportti_161015.pdf [viitattu 25.10.2018]

Ramachandra TV, Bharath HA, Kulkarni G & Han SS (2018) Municipal solid waste: Generation, composition and GHG emissions in Bangalore, India. *Renewable Sustainable Energy Rev* 82: 1122-1136.

Ruggieri L, Gea T, Mompeó M, Sayara T & Sánchez A (2008) Performance of different systems for the composting of the source-selected organic fraction of municipal solid waste. *Biosyst Eng* 101(1): 78-86.

Salmenperä H, Sahimaa O, Koutonen H (2018) Kierrätyksen keinot, taloudelliset vaikutukset sekä toteutettavuus. Ympäristöministeriön raportteja 17/2018 [pdf-tiedosto] saatavilla:

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160915/YMr_17_2018_Kier_r%C3%A4tyksen_keinot.pdf?sequence=4&isAllowed=y [viitattu 25.10.2018]

Sander S & Schubert G (2003) Size reduction of metals by means of swing-hammer shredders. *Chem Eng Technol* 26(4): 409-415.

Sormunen A (2018) Uusiomateriaalit rakentamisessa – jätteenpolton pohjakuona betonituotteissa [ppt-esitys] saatavilla: https://betoni.com/wp-content/uploads/2018/01/3_Sormunen-Uusiomateriaalit.pdf [viitattu 25.10.2018]

Sitra (2015) Voiko talous kasvaa samalla kun ympäristövaikutukset vähenevät? tekijä Rajantie Lari [verkko-artikkeli] saatavilla: <https://www.sitra.fi/artikkelit/voiko-talous-kasvaa-samalla-kun-ymparistovaikutukset-vahenevat/> [viitattu 19.9.2018]

SFS-EN 15359, 2011. Kiinteät kierrätyspolttoaineet. Vaatimukset ja luokat. Suomen standardoimisliitto SFS: 1+ 41 s.

Tilastokeskus (2018a) Jätteiden hyödyntäminen on korvannut yhdyskuntajätteiden kaatopaikkasijoittamisen [verkkojulkaisu] saatavilla: http://www.stat.fi/til/jate/2016/13/jate_2016_13_2018-01-15_tie_001_fi.html [viitattu 19.9.2018]

Tilastokeskus (2018b) Yhdyskuntajäte [www] saatavilla: <https://www.stat.fi/meta/kas/yhdyskuntajate.html> [viitattu 11.6.2018]

Tilastokeskus. (2018c) Jätteiden hyödyntäminen on korvannut yhdyskuntajätteiden kaatopaikkasijoittamisen. [kuva 1] saatavilla: http://www.stat.fi/til/jate/2016/13/jate_2016_13_2018-01-15_tie_001_fi.html [viitattu

4.9.2018] Aineisto on ladattu Tilastokeskuksen rajapintapalvelusta 4.9.2018 lisenssillä CC BY 4.0. (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>)

Tilastokeskus (2018d) Jätteiden loppusijoitus [www] saatavilla: <https://www.stat.fi/meta/kas/loppusijoitus.html> [viitattu 25.10.2018]

Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023 – Kierrätyksestä kiertotalouteen (2018) tekijät Laaksonen J, Salmenperä H, Stén S, Dahlbo H, Merilehto K, Sahimaa O [www] saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4774-6> [viitattu: 19.9.2018]

Vekemans O, Laviolette J- & Chaouki J (2016) Co-combustion of coal and waste in pulverized coal boiler. Energy 94: 742-754.

Vesanto P, Hiltunen M, Moilanen A, Kaartinen T, Laine-Ylijoki J, Sipilä K & Wilén C (2007) Solid recovered fuels, quality analyses and combustion experiences. VTT Tied Valt Tek Tutkimuskeskus (2416): 3-55.

Yang L, Li Z- & Fu H- (2011) Model of municipal solid waste source separation activity: A case study of Beijing. J Air Waste Manage Assoc 61(2): 157-163.

Yi S, Jang Y- & An AK (2018) Potential for energy recovery and greenhouse gas reduction through waste-to-energy technologies. J Clean Prod 176: 503-511.

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu (2018) Laanilan ekovoimalaitoksen ympäristövuosiraportti 2017 [kuva 2] saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BCFBCC9C6-EBBF-46C4-84C3-E8AB0C52DAF3%7D/136446> [viitattu 31.7.2018]

Ympäristöministeriö (2017) Jätelainsäädäntö edistää luonnonvarojen järkevää käyttöä ja ehkäisee jätteistä aiheutuvia haittoja [www] saatavilla: http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Jatelainsaadanto [viitattu 19.9.2018]

Ympäristöministeriö (2018) Jätelain muutos [www] saatavilla: http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Ymparistonsuojelun_valmisteilla_oleva_lainsaadanto/Jatelain_muutos [viitattu: 26.7.2018]

LAIT JA DIREKTIIVIT

Euroopan unionin parlamentin ja neuvoston direktiivi kaatopaikoista annetun direktiivin muuttamisesta 2018, 2018/850

Euroopan unionin neuvoston kaatopaikoista annettu direktiivi 1999, 1999/31/EY

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta 2008/98/EY

Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi jätelain muuttamisesta 195/2017

Hankintalaki 2016, 1397/2016

Jätelaki 2011, 646/2011

Laki jätelain muuttamisesta 2018, 445/2018

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 2013, 331/2013

LIITE 1

Näytteenottosuunnitelma lajittelututkimukseen VKO 24, 25 ja 26

Viikolla 24, 25 ja 26 tutkitaan polttokelpoisen jätteen, kierrätyspolttoaineen (SRF) ja rejektin otoksia. Lajittelu tapahtuu 12.6. – 14.6.2018 ja 19.6. - 20.6.2018 sekä 27.6. – 28.6.2018. Kuormat (SRF, rejekti ja polttokelpoinen jäte) tutkitaan saman viikon aikana ja tarvittaessa lajitellaan useampana päivänä.

Lajittelu tehdään Ruskon jätekeskuksessa varatulla alueella. Polttokelpoista jätettä lajitellaan noin 500kg ja SRF:n otoksena on noin 200kg jätettä. Rejektikuorman määrä on noin 300kg. Jätettä lajitellaan kokonaisuudessaan noin 1 – 2 lavallista.

Kaikille lajittelijoille annetaan asianmukaiset lajitteluvarusteet: kertakäyttöinen haalari, turvakengät, viiltosuojahanskat, suojalasit ja hengityssuoja.

Kaikista kuormista lajitellaan erilleen:

- Biojäte/Puutarhajäte
- Paperi
- Kartonki- ja Pahvi
- Puu (Käsitelty ja käsittelemätön puu lajitellaan ja punnitaan erikseen)
- Muovit (PVC-muovi lajitellaan ja punnitaan erikseen)
- Lasi
- Metalli
- Tekstiili ja jalkineet
- SER (Sähkö- ja elektroniikkaromu)
- Vaaralliset jätteet
- Sekalaiset jätteet
- Kipsilevyt
- Kiviainekset (betoni, tiilet)
- Isot kappaleet
- Eristevillat
- Hienoaines

Lajitellut jakeet punnitaan Rocla-haarukkavaunuva'alla. Lajittelua varten tarvitaan Roclan lisäksi lapioita ja Oivapisteeltä harmaita astioita (ei öljyisiä).